

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**“Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de
yuca comparado con sulfato de aluminio, en el centro poblado de
Pampa Hermosa, Yurimaguas, 2016”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO SANITARIO**

Autor:

Bach. Abigail Gallardo Cardenas

Asesor:

Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza

Código N° 06052416

Moyobamba - Perú

2017

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: Gallardo Cardenas Abigail	
Código de alumno : 115223	Teléfono: 959 068527
Correo electrónico : abigailc.1529@gmail.com	DNI: 72751788

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: Ecología
Escuela Académico Profesional de: Ingeniería Sanitaria

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título : "Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca comparado con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa, Yurimaguas, 2016"
Año de publicación: 2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca central o especializada

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

10 / 11 / 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO
UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL



Prof. Alicia Mercedes Grández Chávez
JEFE DE LA UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL

Firma de Unidad de Biblioteca

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín – T sede Moyobamba y siendo las **cinco de la tarde del día lunes 03 de julio del dos mil diecisiete**, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Ing. M.Sc. MIRTHA FELICITA VALVERDE VERA	PRESIDENTE
Ing. GERARDO CÁCERES BARDALEZ	SECRETARIO
Ing. ÁNGEL TUESTA CASIQUE	MIEMBRO
Ing. M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA	ASESOR

Para evaluar la sustentación de Tesis Titulado: **“Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca comparado con sulfato de aluminio, en el Centro Poblado de Pampa Hermosa, Yurimaguas 2016”**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Sanitaria **Abigail Gallardo Cardenas**, según Resolución de comisión organizadora, N° 0226-2016-UNSM / FE-CO de fecha **22 de setiembre del 2016**.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica, luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **19:00 horas** del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.


Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera
PRESIDENTE


Ing. Gerardo Cáceres Bardalez
SECRETARIO


Ing. Ángel Tuesta Casique
MIEMBRO


Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza
ASESOR

DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado a Dios, a mis queridos padres,
Erenildo Gallardo y Ruth Cardenas; a mis hermanos
Verónica y Roy.*

*Quienes con su amor incondicional y apoyo contribuyeron
a que pueda lograr una de mis anheladas metas y así subir
un peldaño más en mi vida profesional.*

*También dedico este trabajo a la tierra que me vio nacer,
Pampa Hermosa. A la UNSM-T/ Facultad de
Ecología, quien contribuyó a mi formación académica y
desarrollo en mi la fascinación por la Ingeniería.*

AGRADECIMIENTO

- *A Dios por darme la vida, la salud y la oportunidad de elaborar y presentar este proyecto.*
- *A mis padres Erenildo Gallardo y Ruth Cardenas por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi formación personal y profesional.*
- *A la UNSM - T por formarme como profesional en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria.*
- *A mi Asesor Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza, por su apoyo en el desarrollo y revisión del informe final de Tesis.*
- *A la Ing. Verónica Gallardo Cardenas por guiarme, apoyar y contribuir en el desarrollo de este proyecto, y por brindarme su tiempo y conocimientos.*
- *A Odar Jay Monteza López por su apoyo incondicional en todo momento, por el cariño y afecto que me brinda siempre.*

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

	Página
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivo específico.....	2
1.3 Fundamentación teórica.....	3
1.3.1 Antecedentes de la investigación.	3
1.3.2 Bases teóricas.	5
1.3.3 Definición de términos.	21
1.4 Variables	23
1.5 Hipótesis.	23

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de investigación.....	24
2.2 Diseño de investigación.....	24
2.3 Población y muestra.....	25
2.3.1 Población.....	25
2.3.2 Muestra.....	25
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	26

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1	Resultados.....	27
3.1.1	Resultado N° 01 Parámetros iniciales de la calidad del agua del rio Shanusi	27
3.1.2	Resultado N° 02 Parámetros, obtenidos después del tratamiento primario	30
3.1.3	Resultado N° 03 Comparación de los parámetros de calidad del agua del rio Shanusi entre sulfato de aluminio y almidón de yuca.....	50
3.1.4	Resultado N° 04 Dosis optima de los coagulantes	62
3.2	Discusiones	64
 CONCLUSIONES.....		67
RECOMENDACIONES.....		68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		69
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS		72
ANEXOS		73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Parámetros finales al agregar sulfato de aluminio..... **62**

Tabla II Parámetros finales al agregar almidón de yuca..... **63**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema antiguo de tratamiento de aguas contaminadas.....	5
Figura 2. Yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	13
Figura 3. Planta tradicional mediana.....	15
Figura 4. Microfotografía de los gránulos de almidón de yuca	16
Figura 5. Composición química del almidón de yuca.....	16
Figura 6. Estructura Química de la amilosa.....	17
Figura 7. Estructura Química de la amilopectina.....	18
Figura 8. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua CATEGORÍA A-1	19
Figura 9. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.....	20
Figura 10. Parámetros iniciales de la muestra 01 con los ECAs	27
Figura 11. Parámetros iniciales de la muestra 02 con los ECAs	28
Figura 12. Parámetros iniciales de la muestra 03 con los ECAs	29
Figura 13. Primer ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 300RPM/75RPM/10'.....	30
Figura 14. Segundo ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 250RPM/63RPM/10'.....	31

Figura 15. Tercer ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 200RPM/50RPM/10'.....	32
Figura 16. Cuarto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 150RPM/38RPM/10'.....	33
Figura 17. Quinto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 100RPM/25RPM/10'.....	34
Figura 18. Primer ensayo al 1% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10'.....	35
Figura 19. Segundo ensayo al 1% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10'.....	36
Figura 20. Tercer ensayo al 1% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10'.....	37
Figura 21. Cuarto ensayo al 1% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10'.....	38
Figura 22. Quinto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 100RPM/25RPM/10'.....	39
Figura 23. Primer ensayo al 2% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10'.....	40
Figura 24. Segundo ensayo al 2% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10'.....	41
Figura 25. Tercer ensayo al 2% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10'.....	42

Figura 26. Cuarto ensayo al 2% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10'.....	43
Figura 27. Quinto ensayo al 2% de almidón de yuca a 100RPM/25RPM/10'.....	44
Figura 28. Primer ensayo al 3% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10'.....	45
Figura 29. Segundo ensayo al 3% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10'.....	46
Figura 30. Tercer ensayo al 3% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10'.....	47
Figura 31. Cuarto ensayo al 3% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10'.....	48
Figura 32. Quinto ensayo al 3% de almidón de yuca a 100RPM/25RPM/10'.....	49
Figura 33. Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%	50
Figura 34. Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%	51
Figura 35. Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%	52
Figura 36. Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%	53

Figura 37. Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%	54
Figura 38. Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%	55
Figura 39. Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%	56
Figura 40. Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%	57
Figura 41. Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%	58
Figura 42. Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%	59
Figura 43. Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%	60
Figura 44. Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%	61

RESUMEN

El centro poblado de Pampa Hermosa, distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas; se abastece de las aguas del río Shanusi; el cual presenta elevada turbidez y color, sobrepasando los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs); el cual constituye un problema ambiental. Mediante el presente trabajo de investigación, con la técnica de prueba de jarras se logró determinar para el sulfato de aluminio la dosis óptima obtenida a una concentración del 1% de sulfato de aluminio añadiendo 20mg/L a 150 RPM mezcla rápida (1.5 minutos), 25 RPM mezcla lenta (15 minutos), sedimentación (10 minutos), logrando así disminuir 99.20% de turbidez, 79.92% de sólidos totales disueltos, 100% de color y al pH aunque lo disminuye, lo mantiene dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH.; la dosis óptima para almidón de yuca se obtuvo a una concentración del 2% de sulfato de aluminio añadiendo 40mg/L a 250 RPM mezcla rápida (1.5 minutos), 38 RPM mezcla lenta (15 minutos), sedimentación (10 minutos), logrando así disminuir 96.82% de turbidez, 25.95% de sólidos totales disueltos, 73.39% de color y mantiene el pH dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH. Según los ensayos realizados, se puede utilizar el almidón de yuca como alternativa para el tratamiento primario del agua del río Shanusi, ya que se demostró su efectividad para disminuir los parámetros antes mencionados, además tiene muchas ventajas por ser un coagulante orgánico; pero se debe realizar estudios específicos sobre el color debido a que es el único parámetro que no se encuentra dentro de los LMPs establecido en el DS N° 031-2010-SA, a su vez cabe resaltar la eficiencia demostrada del sulfato de aluminio, ya que al utilizarlo también disminuye los parámetros evaluados, aunque varía mucho el pH, por tal motivo se debe realizar estudios específicos sobre pH.

Palabras claves: *tratamiento primario, almidón de yuca, sulfato de aluminio, prueba de jarras*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

CENTRO DE IDIOMAS



ABSTRACT

The village of Pampa Hermosa, district of Yurimaguas, in the province of Alto Amazonas, is supplied by the waters of the Shanusi River, which contains high turbidity and color, exceeding the limits established by the Environmental Quality Standards (EQS). This is an environmental problem. As presented in this investigation, by using the jar technique, it was possible to determine the optimum dosage: adding 20 mg/L of 1% aluminum sulphate concentrate at a 150 RPM fast mix (1.5 minutes), 25 RPM slow mixing (15 minutes), and sedimentation (10 minutes). Consequently reducing 99.20% of turbidity, 79.92% of total dissolved solids, 100% of color and decreasing pH levels to within the maximum permissible limit of (6.5-8.5) pH. The optimum dose of cassava starch was determined at a concentration of 2% of aluminum sulphate by adding 40 mg/L to 250 RPM, rapid mixing (1.5 minutes), 38 RPM slow mixing (15 minutes), and then sedimentation (10 minutes). This successfully reduced 96.82% of turbidity, 25.95% of total dissolved solids, and 73.39% of color and maintained the pH within the maximum permissible limit of (6.5-8.5) pH. According to the tests, cassava starch can be used as an alternative for the primary treatment of Shanusi river water, as evidence shows its effectiveness in decreasing the aforementioned parameters; aside from its many advantages as an organic coagulant. However, specific studies on color should be performed because it is the only parameter that is not found within the MPLs established in DS No. 031-2010-SA. It is also worth highlighting the demonstrated efficiency of aluminum sulphate, as it also diminishes the parameters evaluated, although the pH varies a lot. For this reason other specific studies must be carried out on pH.

Key words: primary treatment, cassava starch, aluminum sulfate, jar test

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.6 Planteamiento del problema

En la provincia de Alto Amazonas existen muchos centros poblados que consumen agua con poco o ningún tratamiento, ya que no cuentan con la infraestructura necesaria, a esto se suma las dificultades económicas para gestionar y mantener un sistema de tratamiento en funcionamiento, debido al costo elevado de los productos para el adecuado tratamiento y la difícil accesibilidad a estos. Además no cuentan con personal calificado para realizar el tratamiento de manera adecuada.

El centro poblado de Pampa Hermosa, comprensión del distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas; se abastece de las aguas del río Shanusi, la cual presenta una elevada turbidez y color, que sobrepasan los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs); siendo la turbidez una característica del agua con elevada presencia de partículas suspendidas cuyo tamaño varía desde suspensiones groseras hasta coloides, lo cual constituye un problema ambiental; por ello me planteo la siguiente pregunta:

¿Será eficiente el tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca en comparación con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa - Yurimaguas, 2016?

1.7 **Objetivos**

Objetivo general

- Evaluar el tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca, comparado con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa - Yurimaguas, 2016.

Objetivos específicos

- Determinar los niveles de los parámetros físicos (turbidez, sólidos totales disueltos, pH y color), del agua del río Shanusi, antes del tratamiento.
- Determinar los niveles de los parámetros físicos (turbidez, sólidos totales disueltos, pH y color), del agua del río Shanusi, después del tratamiento.
- Comparar los resultados obtenidos en el tratamiento primario de las aguas del río Shanusi utilizando almidón de yuca y sulfato de aluminio.
- Determinar la dosis óptima de almidón de yuca y sulfato de aluminio, velocidad de agitación, tiempo de mezcla; para el tratamiento primario.

1.8 Fundamentación teórica

1.8.1 Antecedentes de la investigación

Solís, Laines y Hernández, (2012), en su trabajo de investigación, *“Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales”*. (Colombia). Concluyeron que lograron comprobar que las mezclas de sulfato de aluminio con almidón de yuca tienen un potencial de coagulación-floculación y podrían ayudar al tratamiento de las aguas superficiales. El empleo de almidón como agente coadyuvante en la remoción de color, mezclado con sulfato de aluminio (agente coagulante), permitiría reducir el costo económico, el impacto ambiental y los efectos a la salud pública. Como resultado de esta investigación, se abre una posibilidad de experimentar con otros tipos de aguas tales como las residuales industriales o municipales. Es importante realizar futuras investigaciones con almidones estructuralmente modificados empleando técnicas de copolimerización por injerto con el propósito de aumentar la efectividad en la remoción de color y turbiedad en procesos de tratamiento de aguas superficiales y eliminar el uso de coagulantes metálicos.

Trujillo, et al., (2014), en su trabajo de investigación, *“Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano.”* (Colombia). Concluyen que las observaciones realizadas durante las pruebas de jarras y los datos de turbiedad indican que el almidón de plátano utilizado es efectivo como ayudante de floculación, cuando se usa sulfato de aluminio líquido. De este modo se corrobora que el almidón de plátano es prometedor para substituir el uso de polielectrolitos comerciales y reducir así los costos de los tratamientos por coagulación/ floculación. Cuando se usó sulfato de aluminio granulado no se obtuvo una identificación clara de los factores relevantes, de modo que los datos no son adecuados para el análisis estadístico.

Cabrera y Ramírez, (2014), en su investigación, *“Almidón extraído de la yuca (Manihot esculenta crantz) como coagulante alternativo para tratamiento del agua de la quebrada Yamuesquer, municipio de Potosí.”* concluyen que al evaluar el comportamiento del almidón de yuca en el rango de dosificación comprendido entre 20 mg/L a 120 mg/L, evidencia que aplicando dosis mayores a 25 mg/L de almidón de yuca no se logra remoción de color, por el contrario, este le confiere color al agua, dejándola con un valor mayor al que inicialmente presenta la muestra de agua de la quebrada Yamuesquer, por lo tanto se debe evaluar su comportamiento con dosificaciones menores. Al analizar el comportamiento del sulfato de aluminio en el rango de dosificación comprendido entre 20 mg/L a 120 mg/L, evidencia que con dosis mayores a 500 mg/L de coagulante, los niveles de remoción obtenidos permanecen constantes, por lo tanto se selecciona como rango óptimo para el sulfato de aluminio el comprendido entre 35 mg/L a 45 mg/L.

López, Laines, Hernández y Aparicio, (2014), en su trabajo de investigación, *“Evaluación de almidones de malanga (colocasia esculenta) como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización de agua.”* (México). En sus conclusiones sugieren que la aplicación de agentes coadyuvantes basados en almidones modificados de malanga (*Colocasia esculenta*) en combinación con agentes convencionales como el sulfato de aluminio, aunque muestran un potencial significativo para la remoción de turbiedad y de color en el proceso de coagulación-floculación para el tratamiento de aguas, no es necesario ya que con el almidón nativo se logran remociones de turbiedad similares; sin embargo, deben considerarse futuras investigaciones. Por lo anterior, se puede concluir que la aplicación de estos polímeros orgánicos es técnicamente viable como agentes coadyuvantes en el proceso de coagulación-floculación con fines de potabilización.

1.8.2 Bases teóricas

❖ Tratamiento de aguas

El tratamiento de aguas es uno de las formas más antiguas de protección para la salud pública. Desde hace muchos años, el hombre ha tratado el agua para eliminar residuos, reducir los riesgos a la salud y mejorar su calidad en cuanto a su apariencia, olor color y sabor. Desde épocas tan antiguas se trataba el agua hirviéndola, exponiéndola al sol, depositándola en recipientes para su sedimentación o filtrándola a través de arena o grava para purificarla (*Figura 1*). En la actualidad muchas de estas técnicas son utilizadas para tratamiento de las aguas ya sean de abastecimiento o aguas residuales y se complementan con las técnicas físicas y químicas modernas. (Arellano y Guzmán, 2011).

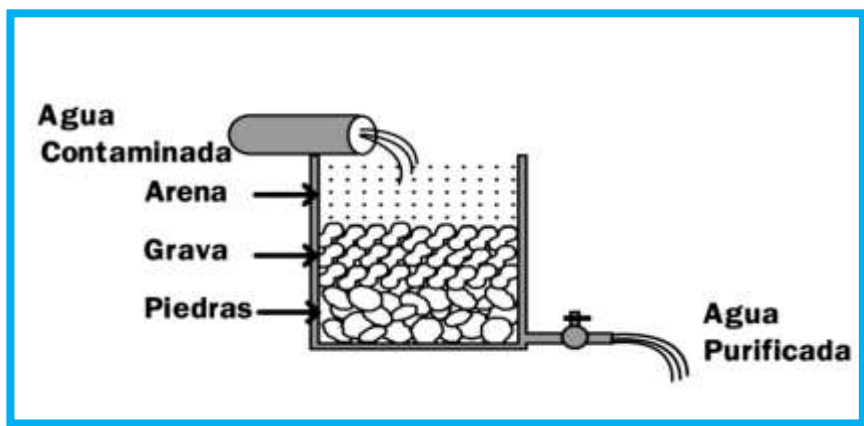


Figura 1. Sistema antiguo de tratamiento de aguas contaminadas. Ingeniería ambiental (Arellano y Guzmán) pág. 24

El tratamiento de aguas se aboca al acondicionamiento de las mismas para el abastecimiento humano. El suministro de agua, es el procedimiento por el cual se transporta el agua desde su fuente a instalaciones de almacenamiento y finalmente al destino donde será utilizada a través de instalaciones de transporte. De esta

manera se provee de agua a hogares, granjas, industrias comercios y recreación. Los tres factores importantes para establecer un suministro de agua adecuado son la calidad del líquido, la cantidad y la localización del suministro de agua en relación con los lugares donde será utilizada. (Arellano y Guzmán, 2011).

❖ **Tratamiento primario**

Los sistemas primarios son los más sencillos en la limpieza del agua y “tienen la función de preparar el agua, limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes”. (Rodie y Hardenberg 1987)

❖ **Coagulación, floculación**

Comúnmente este conjunto de procesos unitarios son conocidos como tratamiento estándar el cual tiene como finalidad la reducción del color, turbidez y las impurezas particuladas a niveles aceptables. Al hacerlo así se producen ventajas adicionales, tales como reducciones en hierro, manganeso, algas, microorganismos patógenos, etc. dentro de dicho procedimiento estándar también se incluye a la sedimentación (Kiely, 1999).

El método más común utilizado para remover las partículas y una porción de materia orgánica disuelta es la combinación de coagulación y floculación seguida por la sedimentación o la filtración. La coagulación es un paso de neutralización de carga que involucra el acondicionamiento de la materia suspendida, coloidal y disuelta al añadir coagulantes. La floculación involucra la agregación de partículas desestabilizadas y la formación de partículas más grandes conocidas como floculo (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

La coagulación se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

- El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.
- El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

Este proceso es muy rápido, toma desde décimas de segundo hasta cerca de 100 segundos, de acuerdo con las demás características del agua: pH, temperatura, cantidad de partículas, etcétera. Se lleva a cabo en una unidad de tratamiento denominada *mezcla rápida*. De allí en adelante, se necesitará una agitación relativamente lenta, la cual se realiza dentro del floculador. En esta unidad las partículas chocarán entre sí, se aglomerarán y formarán otras mayores denominadas *flóculos*; estas pueden ser removidas con mayor eficiencia por los procesos de sedimentación, flotación o filtración rápida. (Barrenechea, 2004).

Floculación el objetivo principal es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño que sedimenten con mayor eficiencia. (De Vargas, 2004).

➤ **Mecánica del proceso**

Normalmente, la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas. En ella intervienen, en forma secuencial, tres mecanismos de transporte:

- 1) Floculación pericinéctica o browniana. Se debe a la energía térmica del fluido.
 - 2) Floculación ortocinéctica o gradiente de velocidad. Se produce en la masa del fluido en movimiento.
 - 3) Sedimentación diferencial. Se debe a las partículas grandes, que, al precipitarse, colisionan con las más pequeñas, que van descendiendo lentamente, y ambas se aglomeran.
- (De Vargas, 2004).

❖ Sedimentación

La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. A menudo se utilizan para designar la sedimentación los términos de clarificación y espesamiento. Se habla de clarificación cuando hay un especial interés en el fluido clarificado, y de espesamiento cuando el interés está puesto en la suspensión concentrada. (Maldonado, 2004).

Las partículas en suspensión sedimentan en diferente forma, dependiendo de las características de las partículas, así como de su concentración. Es así que podemos referirnos a la sedimentación de partículas discretas, sedimentación de partículas floculentas y sedimentación de partículas por caída libre e interferida. (Maldonado, 2004).

❖ **Turbiedad**

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. **(Barrenechea, 2004).**

La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). **(Barrenechea, 2004).**

Últimamente, ha cobrado importancia la presencia de fibras de asbesto desprendidas de los accesorios de asbesto-cemento de los sistemas de distribución como un factor causante de turbiedad en las aguas de consumo humano. **(Barrenechea, 2004).**

En la práctica, la remoción de la turbiedad no es un proceso difícil de llevar a cabo en una planta de clarificación de agua; sin embargo, es uno de los que más influye en los costos de producción, porque, por lo general, requiere usar coagulantes, acondicionadores de pH, ayudantes de coagulación, etcétera. **(Barrenechea, 2004).**

En el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano establece como límite máximo permisible de 5 UNT para turbidez **(DS N° 031-2010-SA).**

❖ **Sólidos totales disueltos**

Materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo

humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas. **(Fuentes y Masool, 2002).**

En el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano establece como límite máximo permisible de 1000 mg/L para sólidos totales disueltos. **(DS N° 031-2010-SA).**

❖ **Potencial de hidrógeno (pH)**

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. **(Barrenechea, 2004).**

Este parámetro tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. **(Barrenechea, 2004).**

Por lo general, un agua con pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales. **(Barrenechea, 2004).**

Un pH ácido en el agua no necesariamente indica la presencia de ácidos, pues algunas sales como las de aluminio pueden generar pH 4 por hidrólisis. **(Barrenechea, 2004).**

El pH tiene gran importancia en el tratamiento del agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización. **(Barrenechea, 2004).**

En el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano establece como límite máximo permisible para pH entre 6,5 – 8,5. **(DS N° 031-2010-SA).**

❖ Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. (**Barrenechea, 2004**).

Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

- la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal;
- la descomposición de la materia;
- la materia orgánica del suelo;
- la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos; y
- una combinación de los procesos descritos.

Debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar que la aplicación de cloro como desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno en animales. (**Barrenechea, 2004**).

En el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano establece como límite máximo permisible para color 15 Pt/Co. (**DS N° 031-2010-SA**).

❖ Almidón de yuca

El almidón es una sustancia blanca, en forma de polvo, que se extrae de algunas semillas y raíces de varias plantas, tales como arroz, maíz, trigo, sorgo, achira, yuca, papa, arracacha, ñame, etc. Los almidones de mayor demanda son los de maíz, yuca, papa, trigo y sorgo. **(Jaramillo, 2013).**

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Originaria de América Latina, hoy en día es un importante alimento en muchos países del mundo. Ha sido cultivada de varias maneras en los más diversos climas y condiciones del suelo, y su raíz presenta variaciones de tamaño, forma y textura de almidón, dependiendo del lugar en donde se cultive. **(Jaramillo, 2013).**

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una de las principales plantas alimenticias cultivadas en la Amazonía. Es un alimento energético importante que, además, es utilizado en la alimentación animal y en la industria de alcoholes y gomas. **(Inga y López, 2001).**

Su cultivo es relativamente fácil y se ha extendido a otras regiones tropicales, principalmente África, en donde constituye un alimento importante. **(Inga y López, 2001).**

La productividad de las raíces varía de acuerdo a la variedad y al lugar en el cual son cultivadas. En Tingo María, reportan rendimientos de 49 t ha⁻¹. En Pucallpa, se ha obtenido rendimientos de 25 t ha⁻¹. En Tarapoto, se reportan producciones de 25 t ha⁻¹ con la variedad «auquina amarilla» y 17 t ha⁻¹ con la variedad «rumo maqui». En Iquitos, se han obtenido productividades de 42, 27, 14 y 8 t ha⁻¹ con las variedades «palo

negro», «amarilla», «motelo rumo» y «ungurahui»; respectivamente (Vásquez y Pezo, 1990). **(Inga y López, 2001).**

Una típica raíz, arrancada en época adecuada para la extracción del almidón, tendrá la siguiente composición:

Almidón	27%
Proteína	3%
Agua	65%
Fibra	2%
Otros	3%

La planta es un arbusto que llega a medir de 1 a 3 metros de altura y sus hojas tienen, generalmente, 4 a 7 lóbulos. El tamaño medio de una raíz es de 50 centímetros de largo y 10 centímetros de diámetro en la base, un palo de yuca puede dar de 6 a 10 raíces. La planta crece mejor en las regiones cálidas y en suelos argiloarenosos. **(Jaramillo, 2013).**



Figura 2: Yuca (Manihot esculenta Crantz)

Existen básicamente dos variedades de yuca: La «dulce» y la «amarga», la dulce es para fines culinarios y la amarga, por contener mayor cantidad de cianuro, es la más apropiada para

la producción de almidón. La yuca amarga contiene mayor porcentaje de ácido cianídrico (aproximadamente 0,025 %) por peso que la dulce, este ácido es útil para mantener el valor del PH requerido en el producto final, de 5,2 a 5,7 para dulce y 3,4 a 3,9 para agrio. **(Jaramillo, 2013).**

➤ **Producción de almidón de yuca**

El almidón o fécula de yuca se fabrica desde hace muchos años para fines comerciales y alimenticios. **(Jaramillo, 2013).**

La fabricación de almidón dulce ha mejorado bastante en poco tiempo, desde los procesos primitivos que daban un producto de baja calidad hasta las modernas instalaciones que producen almidón de buena calidad. El tiempo de producción fue reducido, de varios días hasta unos pocos minutos, en las modernas fábricas de hoy, los costos del equipo son altos pero se recuperan en corto tiempo. **(Jaramillo, 2013).**

No obstante, para obtener tales beneficios y lucros, los propietarios de las plantas deben planear cuidadosamente el abastecimiento de la materia prima. Debe asegurarse que tendrá abastecimiento continuo de yuca, proveniente de plantaciones propias o de campesinos de la región. Lo ideal es formar cooperativas de agricultores para planificar la producción anual. Deben existir buenas facilidades de transporte de la yuca, de abastecimiento de agua potable y de un área de terreno suficiente para la construcción de la planta. Otra condición es la de mantener la mano de obra permanente, con un técnico calificado para dirigir la planta y, naturalmente, disponer de fondos financieros suficientes. **(Jaramillo, 2013).**

➤ Proceso de producción del almidón de yuca

El proceso de producción del almidón de yuca, independientemente del grado de tecnificación de la empresa productora, consiste en el lavado y descascarado de las raíces, después pasa al rallado o desintegración de la yuca para la liberación de los granos del almidón, pasando al colado, donde se separa el almidón de la fibra, después se seca (almidón dulce), o se pasa a los tanques de fermentación (almidón agrio) por más de 30 días y por último se seca al sol. (Jaramillo, 2013).

La yuca después de las 24 horas de cosechada inicia su proceso de fermentación. La fermentación causa baja calidad y pérdidas de almidón, pues ésta, al fermentarse, se convierte en azúcar soluble y se pierde durante el proceso de producción. Es de gran importancia eliminar la fermentación de la yuca, sobre todo en los climas calientes, para mejorar la rentabilidad de la empresa. (Jaramillo, 2013).

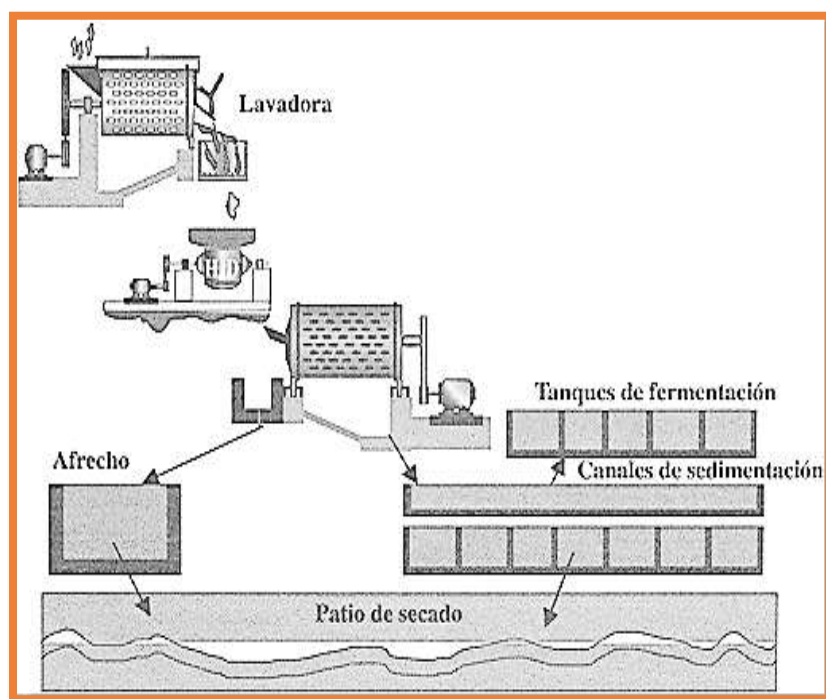


Figura 3. Planta tradicional mediana. Almidón de yuca (Jaramillo, 2013) Pag.39

➤ **Apariencia microscópica**

Los almidones de yuca mostraron una forma esférica-truncada. El tamaño de los gránulos fue homogéneo, con un valor promedio de diámetro de 16,5 μm para la yuca. (Hernández, Torruco, Chel y Betancur, 2008)

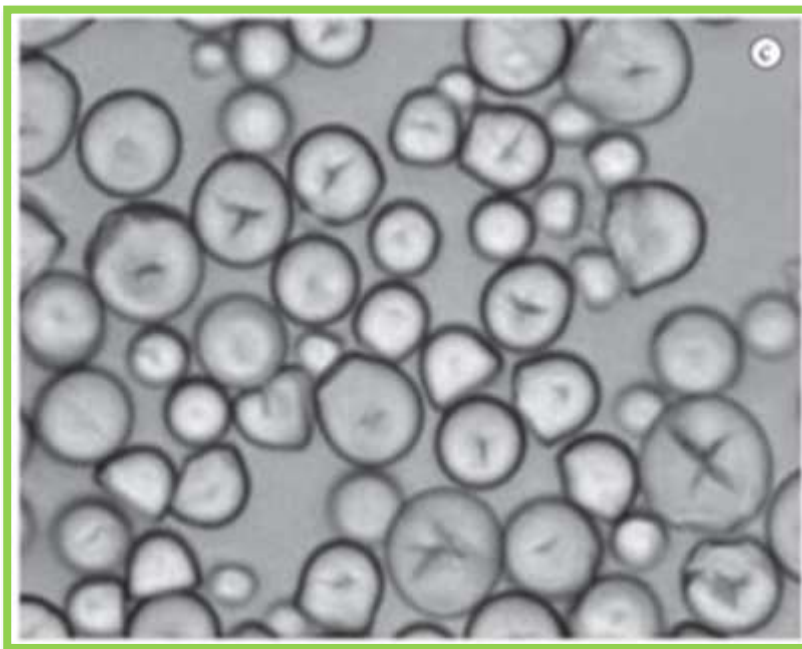


Figura 4. Microfotografía de los gránulos de almidón de yuca (Hernández, et al. 2008)

Análisis	Resultados M-1
Proteínas	1.47 %
Grasas	0.31 %
Carbohidratos	38.07 %
Cenizas	1.35 %
Humedad	54.80 %
Energía	160.95 kcal/100
Calcio	317 ppm
Hierro	6.1 ppm
Fósforo	534 ppm

Figura 5. Composición química del almidón de yuca (RIVELAB S.A.C., 2017)

➤ Estructura química del almidón

Amilosa

Polímero de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces α -1,4 glucosídicos, esencialmente lineal, aunque muchas moléculas tienen unas pocas ramificaciones α -1,6 (0,3 – 0,5 %). (Hernández, Torruco, Chel y Betancur, 2008)

Las ramificaciones son o muy cortas o muy largas y están separadas por grandes distancias, permitiendo a la molécula actuar como un polímero lineal. (Hernández, Torruco, Chel y Betancur, 2008)

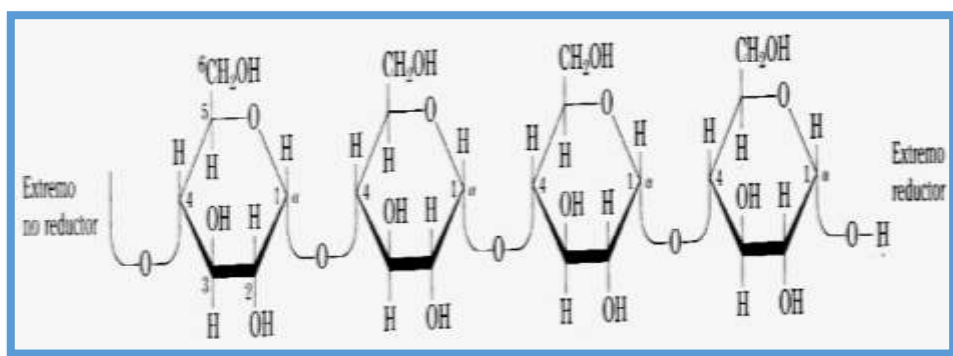


Figura 6. Estructura química de la amilosa. Química del almidón (Brumovsky, 2014) pag.2

Amilopectina

- Polímero de D-glucosa, unidas por enlaces α -1,4.
- Presenta ramificaciones con enlaces α -1,6 (4 – 5 %)
- Existe un punto de ramificación cada 15 – 30 restos de glucosa.
- El peso molecular es del orden de 108.

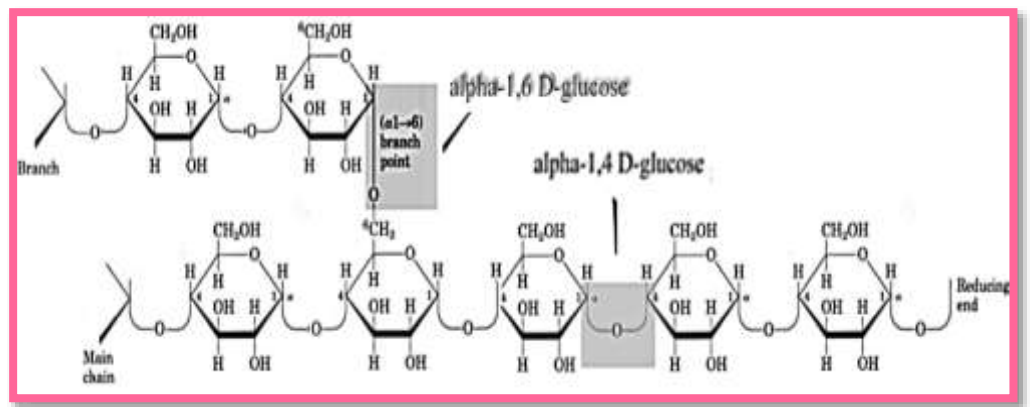


Figura 7. Estructura química de la amilopectina. Química del almidón (Brumovsky, 2014) pag.3

❖ Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. Para controlar las emisiones de agentes contaminantes se han creado los siguientes documentos:

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo
- Valor anual de concentración de plomo
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua
- Los Límites Máximos Permisibles (LMP) para actividades específicas

(MINAM, 2017)

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
FÍSICOS - QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0

Figura 8. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua CATEGORIA A-1. DS N° 015-2015-MINAM

❖ Límite máximo permisible (LMP)

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos. (DS N° 031-2010-SA).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Figura 9. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica. (DS N° 031-2010-SA).

1.8.3 Definición de términos

- **Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento. (DS N° 031-2010-SA).
- **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. (DS N° 031-2010-SA).
- **Agua superficial:** es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forma ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales.
- **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano. (DS N° 031-2010-SA).
- **Almidón:** El almidón es una sustancia blanca, en forma de polvo, que se extrae de algunas semillas y raíces de varias plantas, tales como arroz, maíz, trigo, sorgo, achira, yuca, papa, arracacha, ñame, etc. Los almidones de mayor demanda son los de maíz, yuca, papa, trigo y sorgo. (Jaramillo, 2013)
- **Análisis:** El examen de una sustancia para identificar sus componentes. (NORMA OS.090)
- **Coagulante:** Electrolito simple, usualmente sal inorgánica, que contiene un catión multivalente de hierro, aluminio o calcio. Se usa para desestabilizar las partículas coloidales favoreciendo su aglomeración. (NORMA OS.090)
- **Eficiencia del tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un

proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. (**NORMA OS.090**)

- **Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento. (**NORMA OS.090**)
- **Inocuidad:** Que no hace daño a la salud humana. (**DS N° 031-2010-SA**).
- **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua. (**DS N° 031-2010-SA**).
- **Parámetros organolépticos:** Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial. (**DS N° 031-2010-SA**).
- **Potencial de hidrógeno (pH):** Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. (**Barrenechea, 2004**).
- **Sólidos totales disueltos (STD):** es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. (**Sigler y Bauder, 2012**).
- **Turbiedad:** Es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. (**Barrenechea, 2004**).

1.9 Variables

Variable independiente: Almidón de yuca y sulfato de aluminio.

Variable dependiente: Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi.

- Turbidez
- Sólidos totales disueltos
- pH
- Color

1.10 Hipótesis

H₁: El tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca será eficiente en comparación con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa - Yurimaguas, 2016.

H₀: El tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca no será eficiente en comparación con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa - Yurimaguas, 2016.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.6 Tipo de investigación

De acuerdo a la orientación

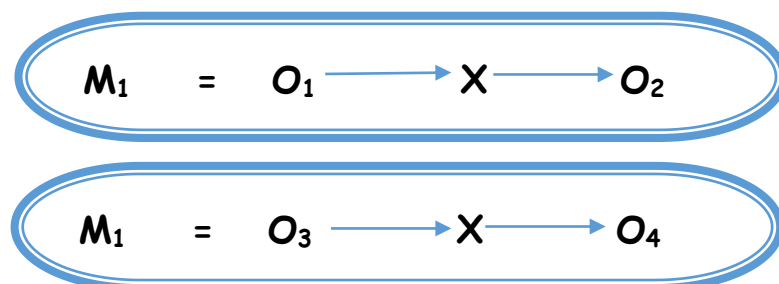
- Aplicada

De acuerdo a la técnica de contrastación

- Experimental

2.7 Diseño de investigación

El diseño de investigación es el establecido por **Hernández Fernández y Baptista (2010)**. El diagrama es como sigue:



Donde:

M = Muestras experimentales.

X = Variable independiente

O₁ = Información obtenida en las muestras, antes de agregar almidón de yuca.

O₂ = Información obtenida en las muestras, después de agregar almidón de yuca.

O₃ = Información obtenida en las muestras, antes de agregar sulfato de aluminio.

O₄ = Información obtenida en las muestras, después de agregar sulfato de aluminio.

2.8 Población y muestra

- **Población:** 0.06 m^3 de agua del río Shanusi del centro poblado de Pampa Hermosa.
- **Muestra:** 0.06 m^3 de agua del río Shanusi del centro poblado de Pampa Hermosa
 - La muestra se determinó de acuerdo a la cantidad de ensayos que se realizó con la técnica de prueba de jarras, dicho equipo cuenta con 6 vasos de 500mL, por tal motivo para cada ensayo se utilizó 3 litros del agua del río Shanusi.

Sulfato de aluminio

1 %  5 ensayos

Almidón de yuca

1 %  5 ensayos

2 %  5 ensayos

3 %  5 ensayos

En total se realizaron 20 ensayos.

$$n = 20 \times 3$$

$$n = 60 \text{ litros}$$

$$n = 0.06 \text{ m}^3$$

2.9 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta etapa se consideran tres fases:

➤ Fase preliminar

Se recolecto 60 litros de agua del río Shanusi del centro poblado de Pampa Hermosa en baldes de 20 litros, los cuales fueron llevados al Laboratorio Ambiental de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, para los análisis correspondientes.

➤ Fase de investigación

Previo a los ensayos con la técnica de prueba de jarras, se determinó los parámetros iniciales de la muestra, información obtenida con el uso de los equipos de laboratorio: turbidímetro (TURBIQUANT 1100 IR), colorímetro (HANNA CHECKER PCU) y multiparámetro (OAKTON 600 series).

Se realizó los ensayos a diferentes concentraciones del coagulante natural con la técnica de prueba de jarras para la simulación de coagulación floculación y sedimentación, obteniendo así los datos necesarios para la investigación.

➤ Fase de proceso de datos

Se realizó la sistematización de los datos con el programa Excel, resumen de la información en cuadros estadísticos y gráficos, y la estructuración del informe de acuerdo al reglamento de grados y títulos.

2.10 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para la evaluación del tratamiento primario de las aguas del río Shanusi se utilizó la técnica de prueba de jarras (equipo Jarras Test, marca Phipps & BirdMR, modelo PB-900). Para el procesamiento de la información se utilizaron cuadros estadísticos, gráficos, etc. En los cuales se plasmaron los resultados de la investigación de acuerdo a las fases establecidas.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.3 Resultados

3.3.1 Parámetros iniciales de la calidad del agua del río Shanusi

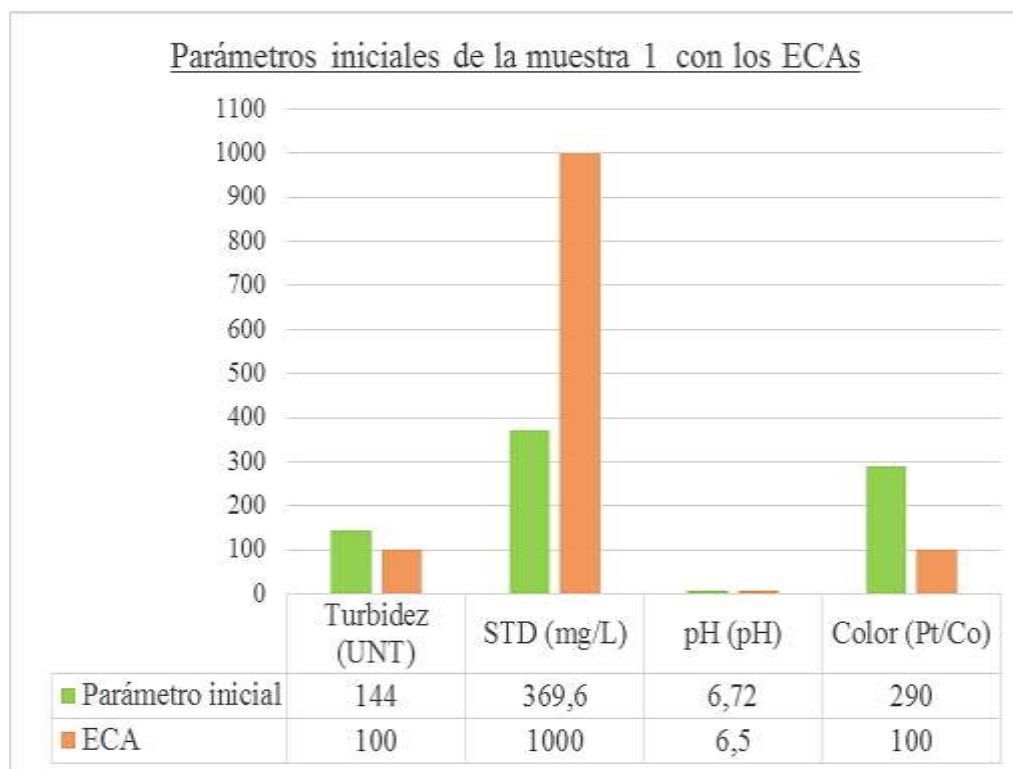


Figura 10. Parámetros iniciales de la muestra 1 con los ECAs (ver anexo 1, tabla 1). Los resultados de la muestra 01 tomada del río Shanusi del centro poblado de Pampa Hermosa, demuestran estar en una condición poco favorable, encontrándose en la Categoría A-1 (A3) de los Estándares de Calidad Ambiental, lo cual requiere un tratamiento avanzado; en cuanto a la turbidez con 144 NTU superando el mínimo para esta categoría de 100 NTU (unidad nefelométrica de turbidez), los sólidos totales disueltos están por debajo con STD 369.6 mg/L indicando un adecuado estado pues en el estándar se admite hasta STD 1000 mg/L, el potencial de hidrógeno con 6.72 pH, el cual se encuentra dentro de los ECAs establecido con un valor de (6.5-8.5) pH y el color de 290 Pt/Co superando el mínimo establecido para esta categoría de 100 Pt/Co de color.

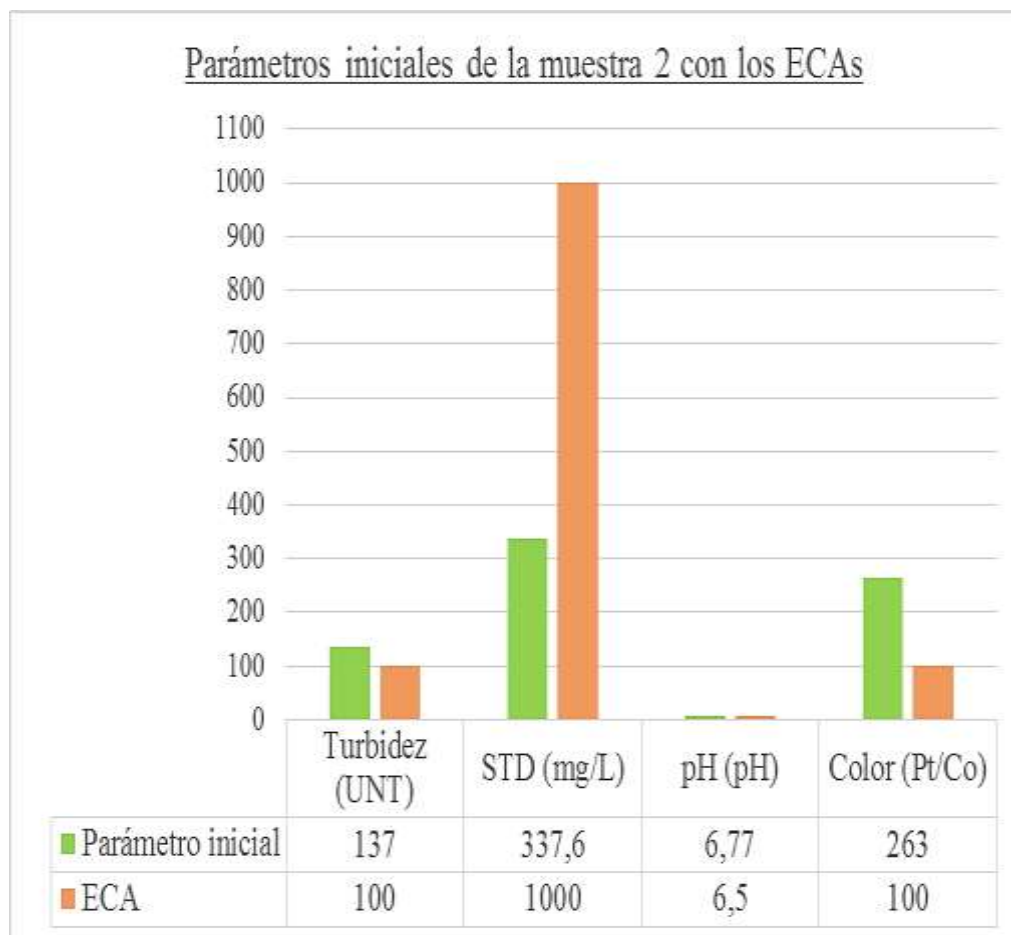


Figura 11. Parámetros iniciales de la muestra 2 con los ECAs (ver anexo 1, tabla 2). Para la muestra 2 tomada del río Shanusi del centro poblado de Pampa Hermosa, los resultados demuestran estar en una condición poco favorable, encontrándose en la Categoría A-1 (A3) de los Estándares de Calidad Ambiental, lo cual requiere un tratamiento avanzado; en cuanto a la turbidez con 137 NTU superando el mínimo para esta categoría de 100 NTU (unidad nefelométrica de turbidez), los sólidos totales disueltos están por debajo con STD 337.6 mg/L indicando un adecuado estado pues en el estándar se admite hasta STD 1000 mg/L, el potencial de hidrógeno con 6.77 pH, el cual se encuentra dentro de los ECAs establecido con un valor de (6.5-8.5) pH y el color de 263 Pt/Co superando el mínimo establecido para esta categoría de 100 Pt/Co de color.

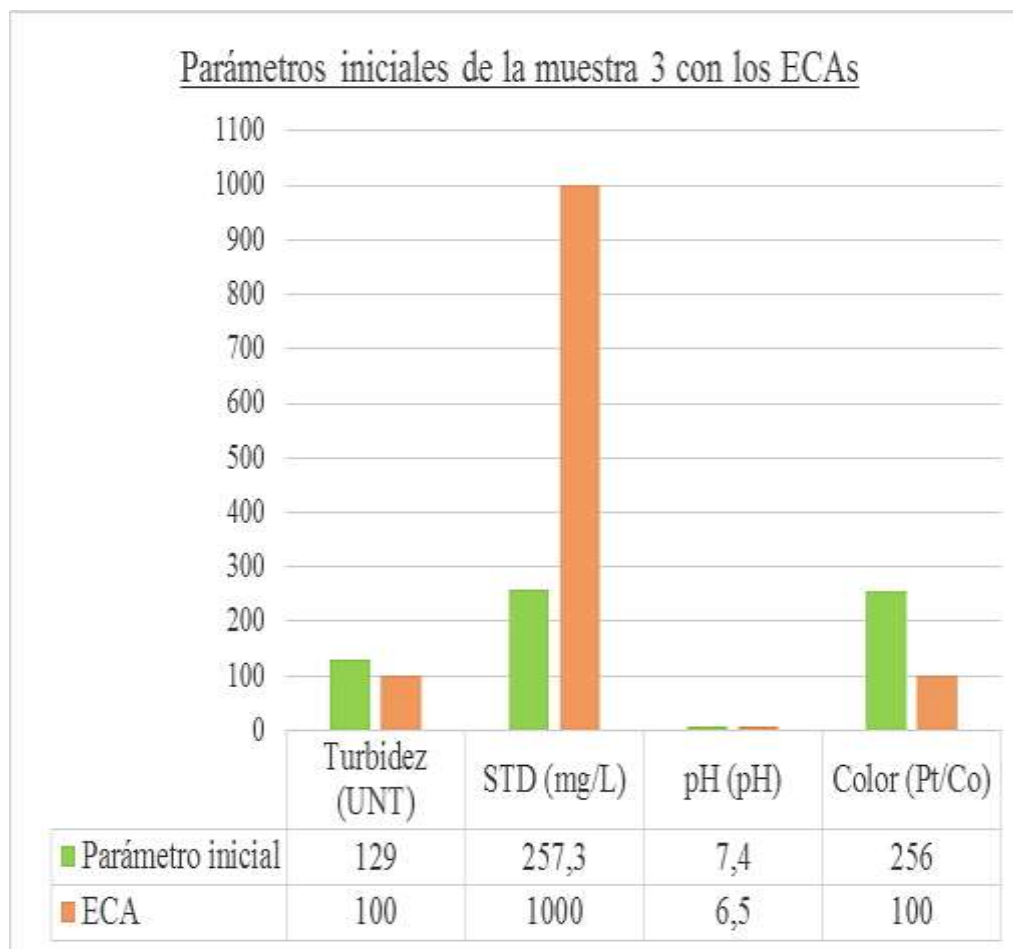


Figura 12. Parámetros iniciales de la muestra 3 con los ECAs (ver anexo 1, tabla 3). Los resultados de la muestra 3 tomada del río Shanusi del centro poblado de Pampa Hermosa, demuestran estar en una condición poco favorable, encontrándose en la Categoría A-1 (A3) de los Estándares de Calidad Ambiental, lo cual requiere un tratamiento avanzado; en cuanto a la turbidez con 129 NTU superando el mínimo para esta categoría de 100 NTU (unidad nefelométrica de turbidez), los sólidos totales disueltos están por debajo con STD 257.3 mg/L indicando un adecuado estado pues en el estándar se admite hasta STD 1000 mg/L, el potencial de hidrógeno con 7.4 pH, el cual se encuentra dentro de los ECAs establecido con un valor de (6.5-8.5) pH y el color de 256 Pt/Co superando el mínimo establecido para esta categoría de 100 Pt/Co de color.

3.3.2 Nivel de parámetros, obtenidos después del tratamiento primario

❖ Parámetros de la calidad del agua usando sulfato de aluminio

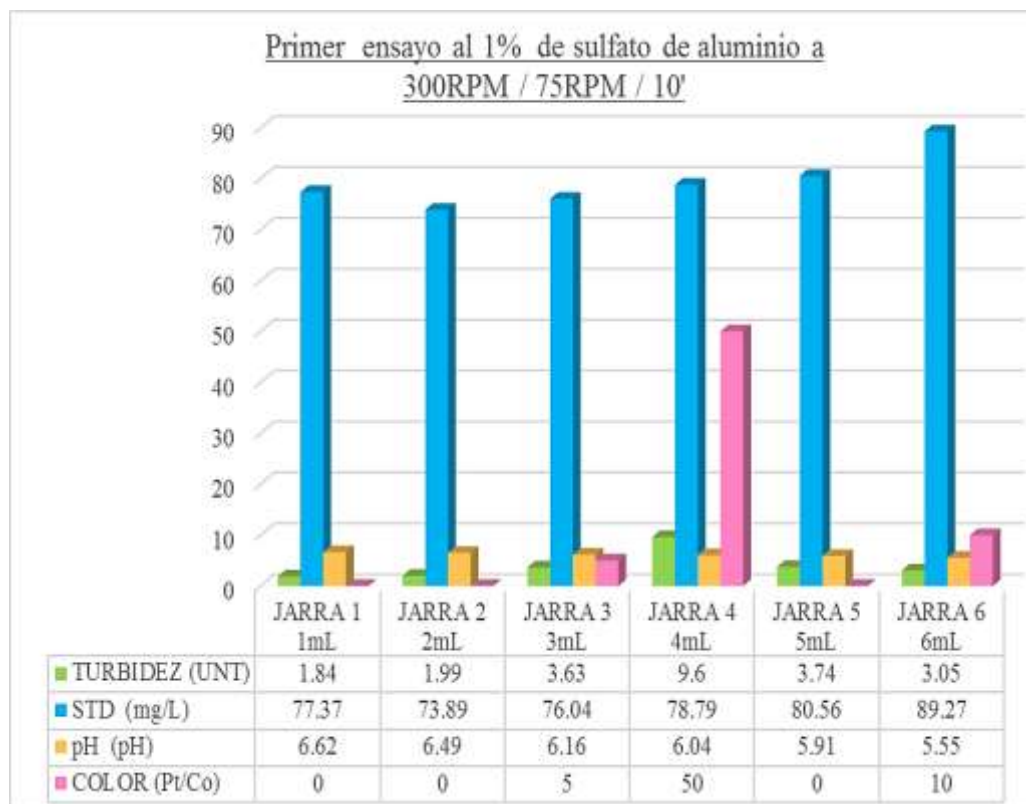


Figura 13. Primer ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 300RPM/75RPM/10' (ver anexo 2, tabla 4). Después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 300 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 1 al agregar 1 mL de la solución, los cuales son: turbidez 1.84 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 77.37 mg/L, pH 6.62 y color de 0 Pt/Co, así también los resultados de las jarras 2, 3, 5 y 6 se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, excepto el potencial de hidrógeno para las jarras 2,3 5 y 6, puesto que este parámetro supera los límites máximos permisibles de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

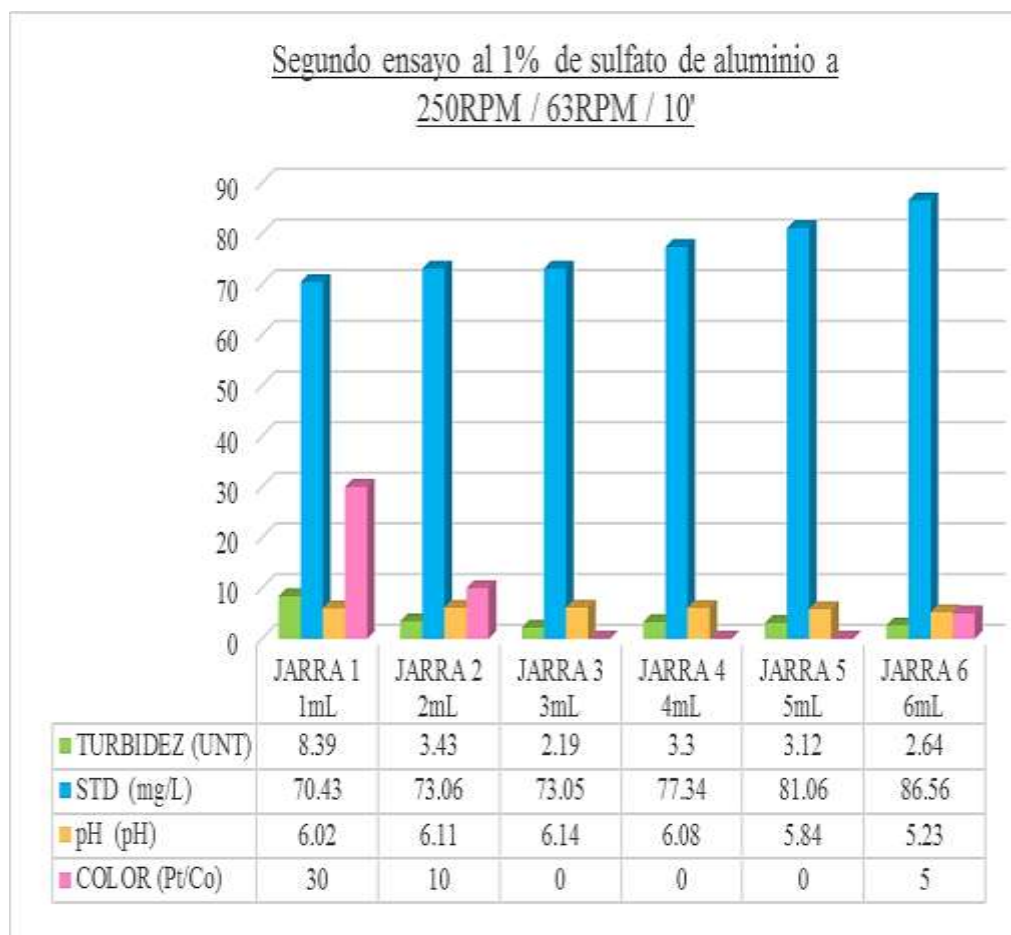


Figura 14. Segundo ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 250RPM/63RPM/10' (ver anexo 2, tabla 5). Después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 250 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 3 al agregar 3 mL de la solución, los cuales son: turbidez 2.19 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 73.05 mg/L, pH 6.14 y color de 0 Pt/Co, así también los resultados de las jarras 2, 4, 5 y 6 se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, excepto el potencial de hidrógeno para todas las jarras, puesto que éste parámetro supera los límites máximos permisibles de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

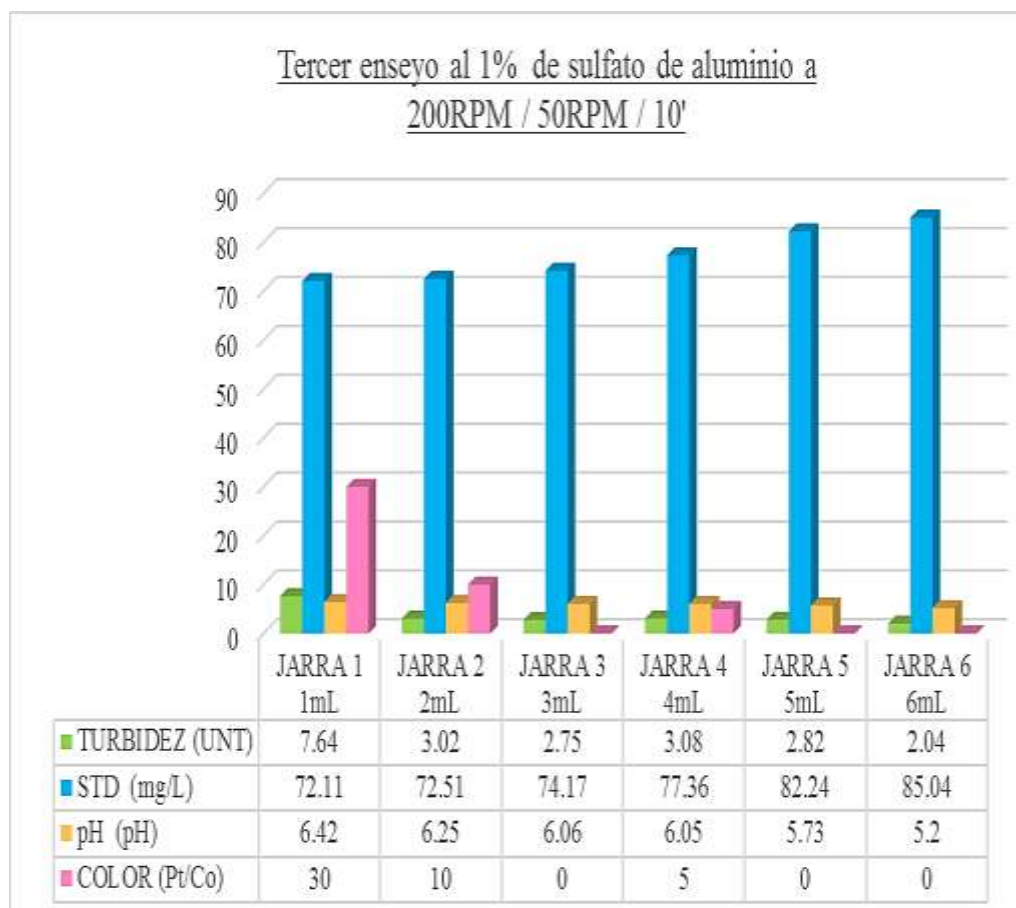


Figura 15. Tercer ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 200RPM/50RPM/10' (ver anexo 2, tabla 6). Después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 200 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 6 al agregar 6 mL de la solución, los cuales son: turbidez 2.04 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 85.04 mg/L, pH 5.2 y color de 0 Pt/Co, así también los resultados de las jarras 2, 3, 4 y 5 se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, excepto el potencial de hidrógeno para todos las jarras, puesto que este parámetro supera los límites máximos permisibles de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

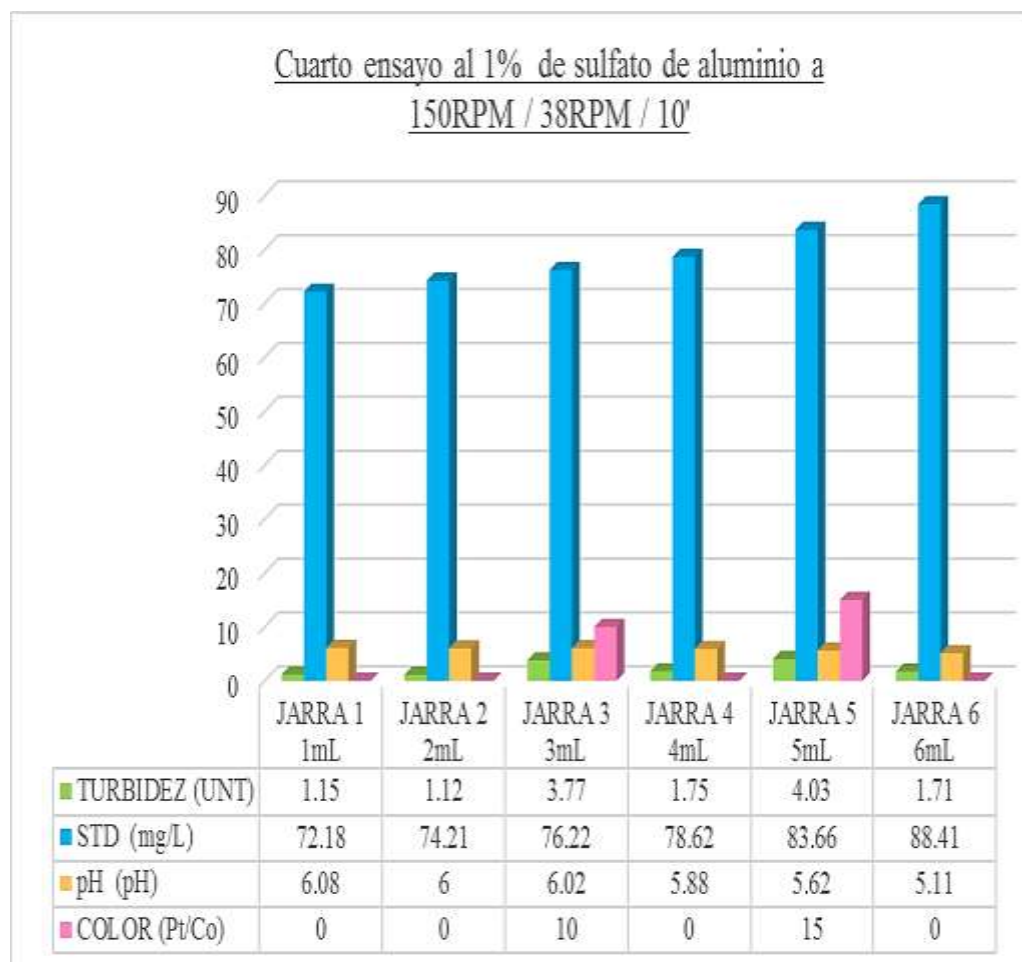


Figura 16. Cuarto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 150RPM/38RPM/10' (ver anexo 2, tabla 7). Después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 150 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 2 al agregar 2 mL de la solución, los cuales son: turbidez 1.12 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 74.21 mg/L, pH 6 y color de 0 Pt/Co, así también los resultados de las jarras 1, 3, 4, 5 y 6 se encuentra por debajo de los límites máximos permisible, excepto el potencial de hidrógeno para todas las jarras, puesto que éste parámetro supera los límites máximos permisibles de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

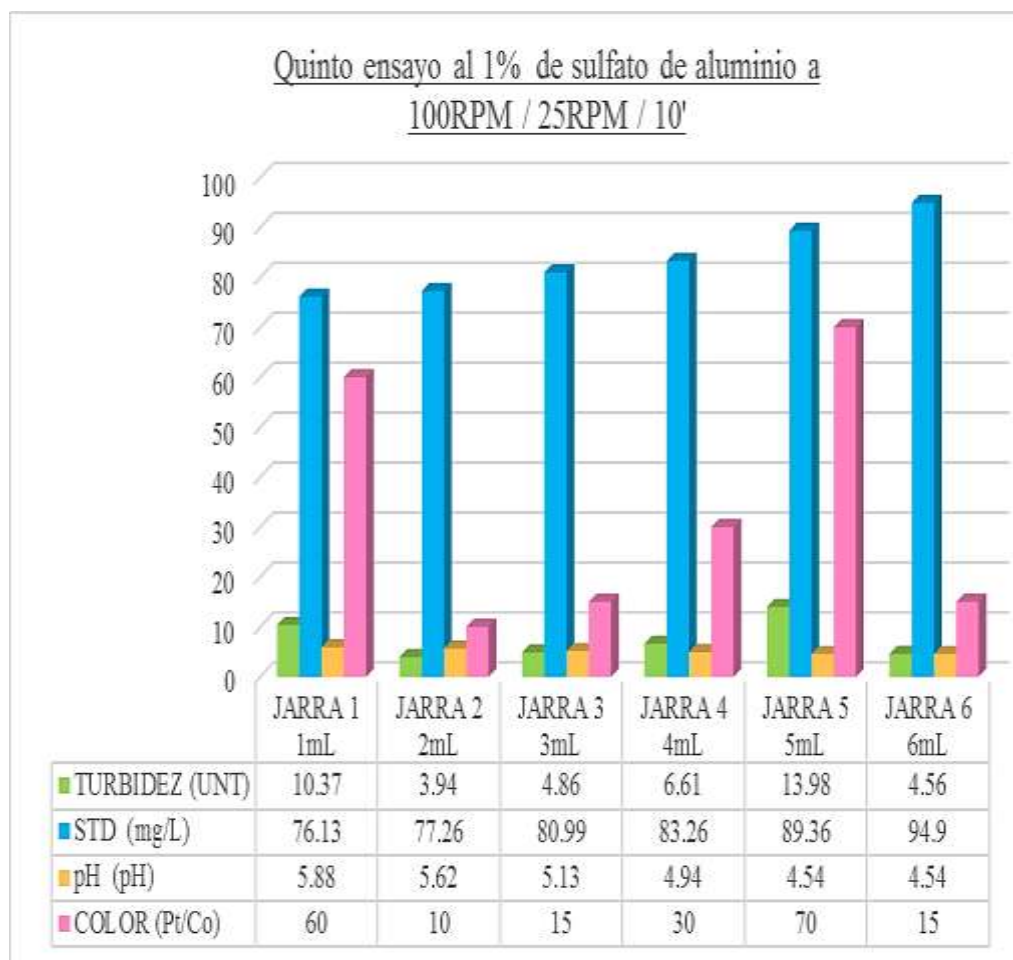


Figura 17. Quinto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 100RPM/25RPM/10' (ver anexo 2, tabla 8). Después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 100 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 2 al agregar 2 mL de la solución, los cuales son: turbidez 3.94 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 77.26 mg/L, pH 5.62 y color de 10 Pt/Co, así también los resultados de las jarras 3, y 6 se encuentra por debajo de los límites máximos permisible, excepto el potencial de hidrógeno para todos las jarras, puesto que este parámetro supera los límites máximos permisibles de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

❖ Parámetros de la calidad del agua usando almidón de yuca

A. Almidón de yuca al 1%

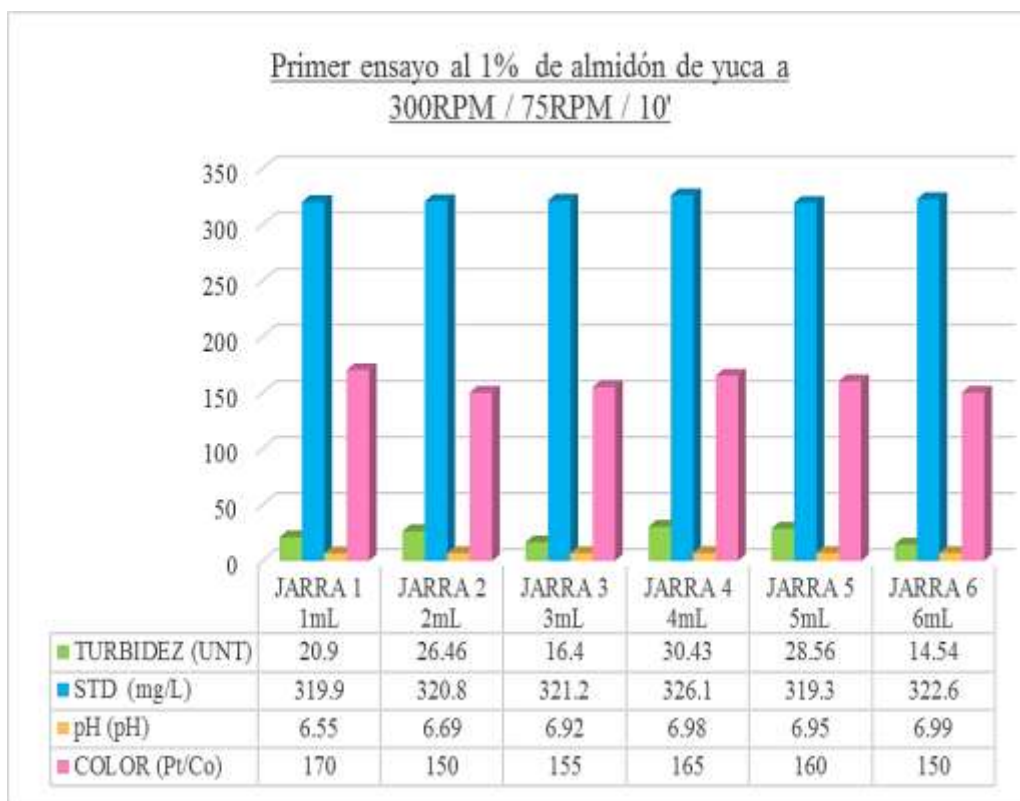


Figura 18. Primer ensayo al 1% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10' (ver anexo 3, tabla 9). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 300 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 6 al agregar 6 mL de la solución, los cuales son: turbidez 14.54 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 322.6 mg/L, pH 6.99 y color de 150 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

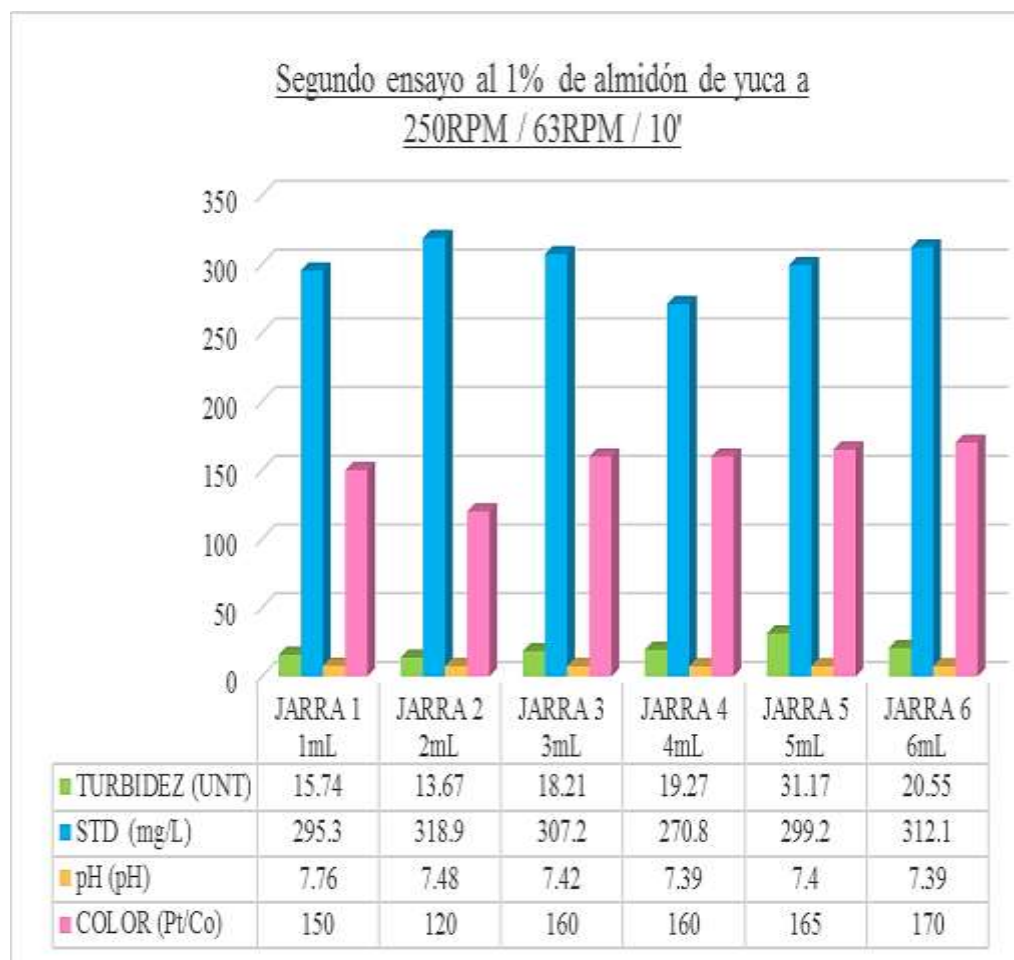


Figura 19. Segundo ensayo al 1% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10' (ver anexo 3, tabla 10). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 250 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 2 al agregar 2 mL de la solución, los cuales son: turbidez 13.67 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 318.9 mg/L, pH 7.48 y color de 120 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

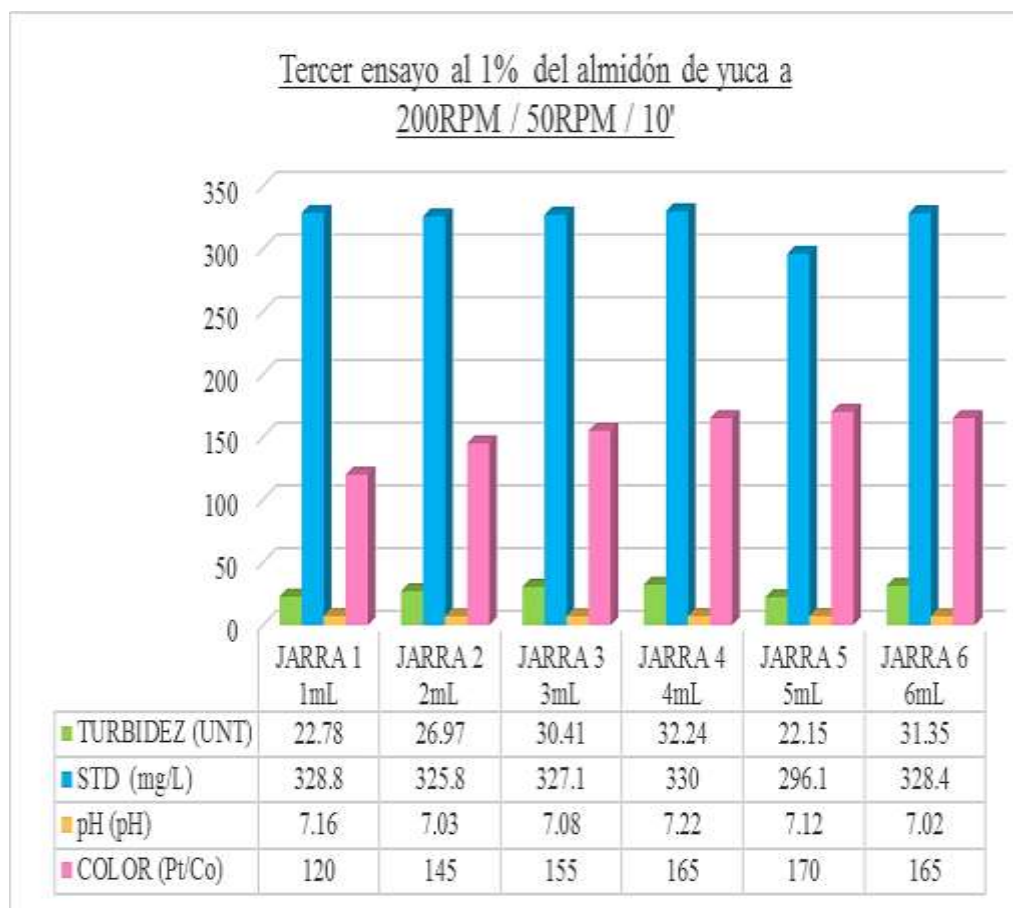


Figura 20. Tercer ensayo al 1% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10' (ver anexo 3, tabla 11). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 200 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 5 al agregar 5 mL de la solución, los cuales son: turbidez 22.15 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 296.1 mg/L, pH 7.12 y color de 170 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

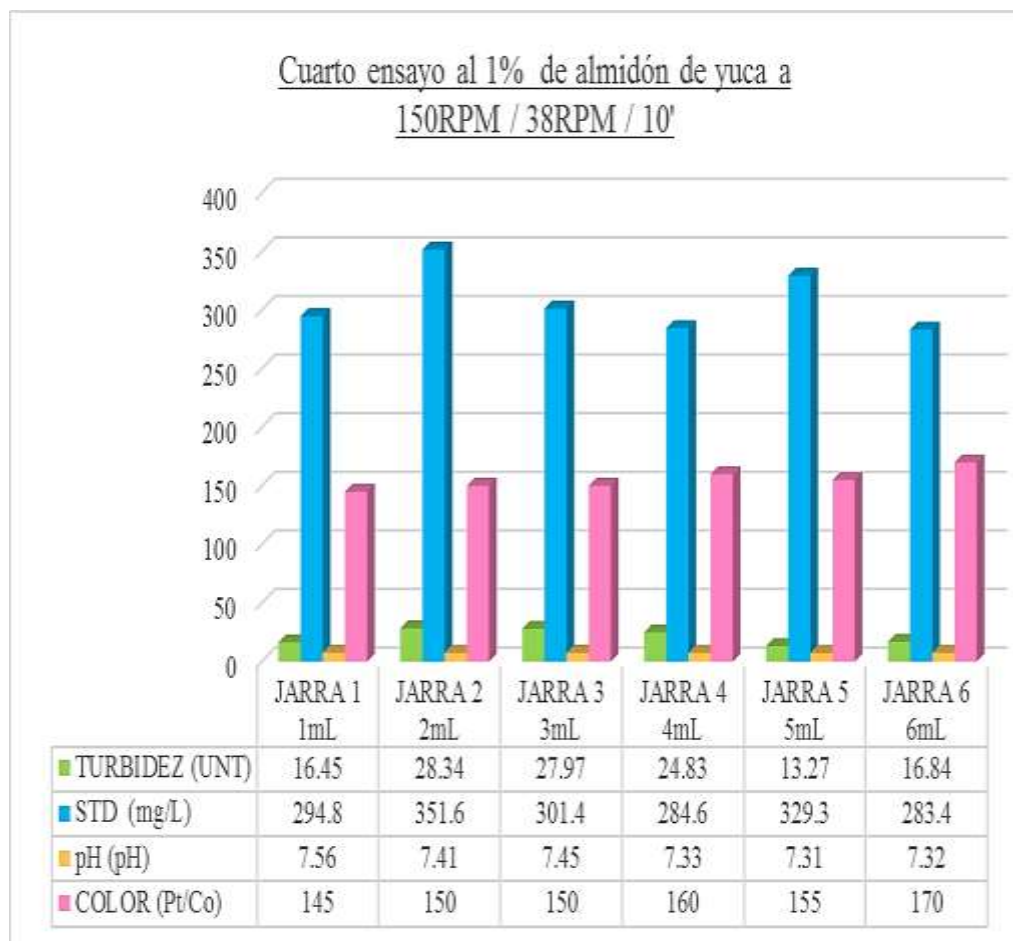


Figura 21. Cuarto ensayo al 1% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10' (ver anexo 3, tabla 12). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 150 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 5 al agregar 5 mL de la solución, los cuales son: turbidez 13.27 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 329.3 mg/L, pH 7.31 y color de 155 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, son los valores mínimos obtenidos, solo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

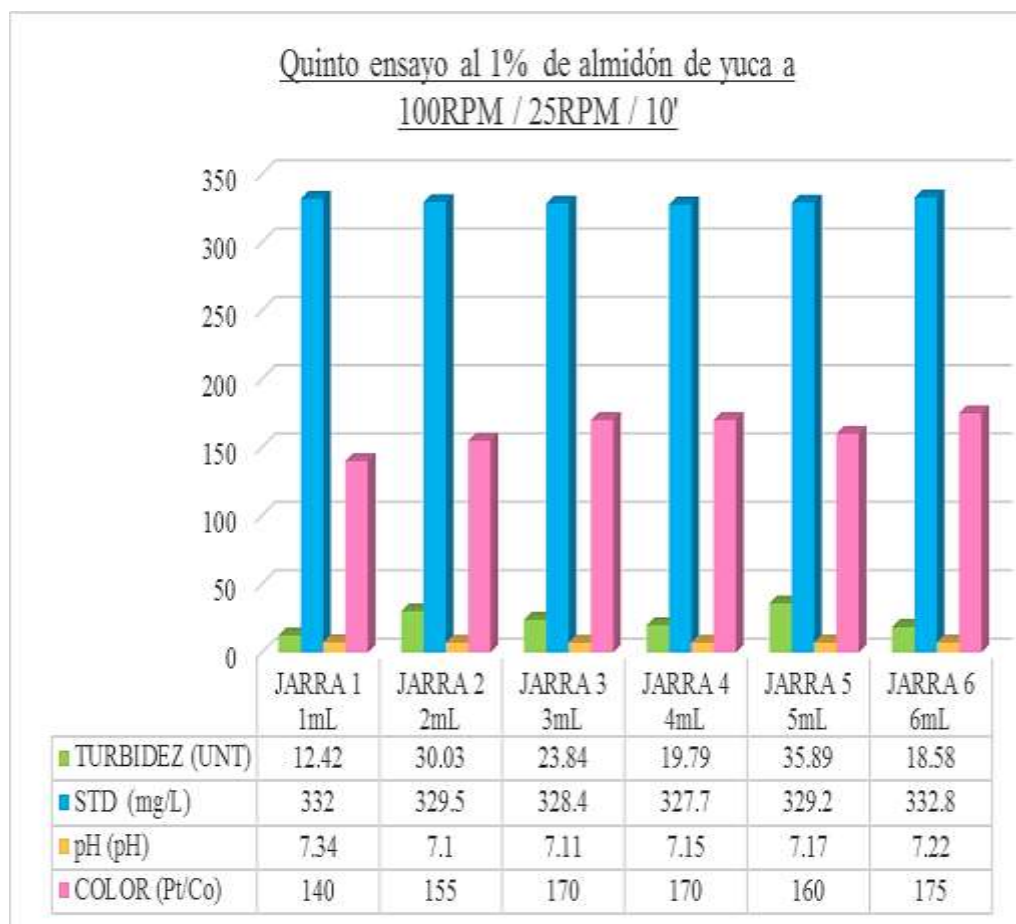


Figura 22. Quinto ensayo al 1% de almidón de yuca a 100RPM/25RPM/10' (ver anexo 3, tabla 13). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 100 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 1%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 1 al agregar 1 mL de la solución, los cuales son: turbidez 12.42 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 332 mg/L, pH 7.34 y color de 140 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, solo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

B. Almidón de yuca al 2%



Figura 23. Primer ensayo al 2% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10' (ver anexo 3, tabla 14). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 300 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 2%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 1 al agregar 1 mL de la solución, los cuales son: turbidez 14.12 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 262.1 mg/L, pH 7.35 y color de 110 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, solo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

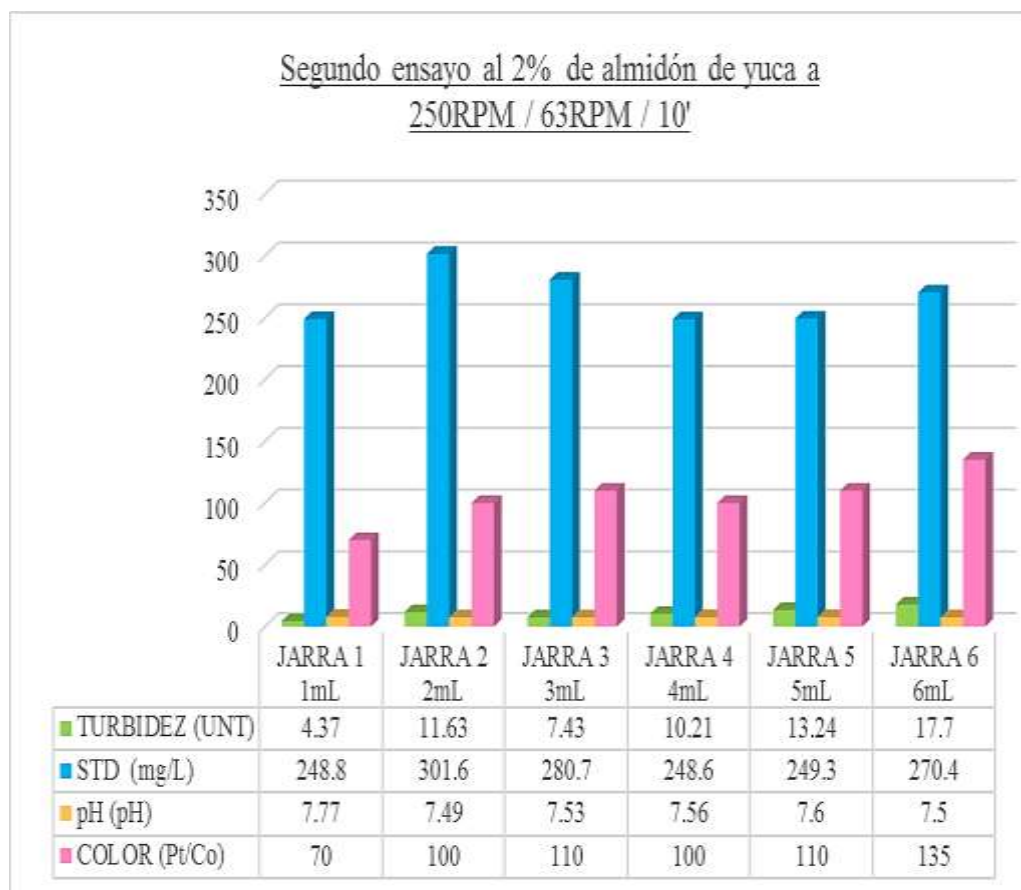


Figura 24. Segundo ensayo al 2% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10' (ver anexo 3, tabla 15). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 250 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 2%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 1 al agregar 1 mL de la solución, los cuales son: turbidez 4.37 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 248.8 mg/L, pH 7.77 y color de 70 Pt/Co, los cuales se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, excepto el color puesto que este parámetro supera los 15 Pt/Co establecido en Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.



Figura 25. Tercer ensayo al 2% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10' (ver anexo 3, tabla 16). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 200 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 2%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 4 al agregar 4 mL de la solución, los cuales son: turbidez 6.42 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 332.2 mg/L, pH 7.39 y color de 75 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

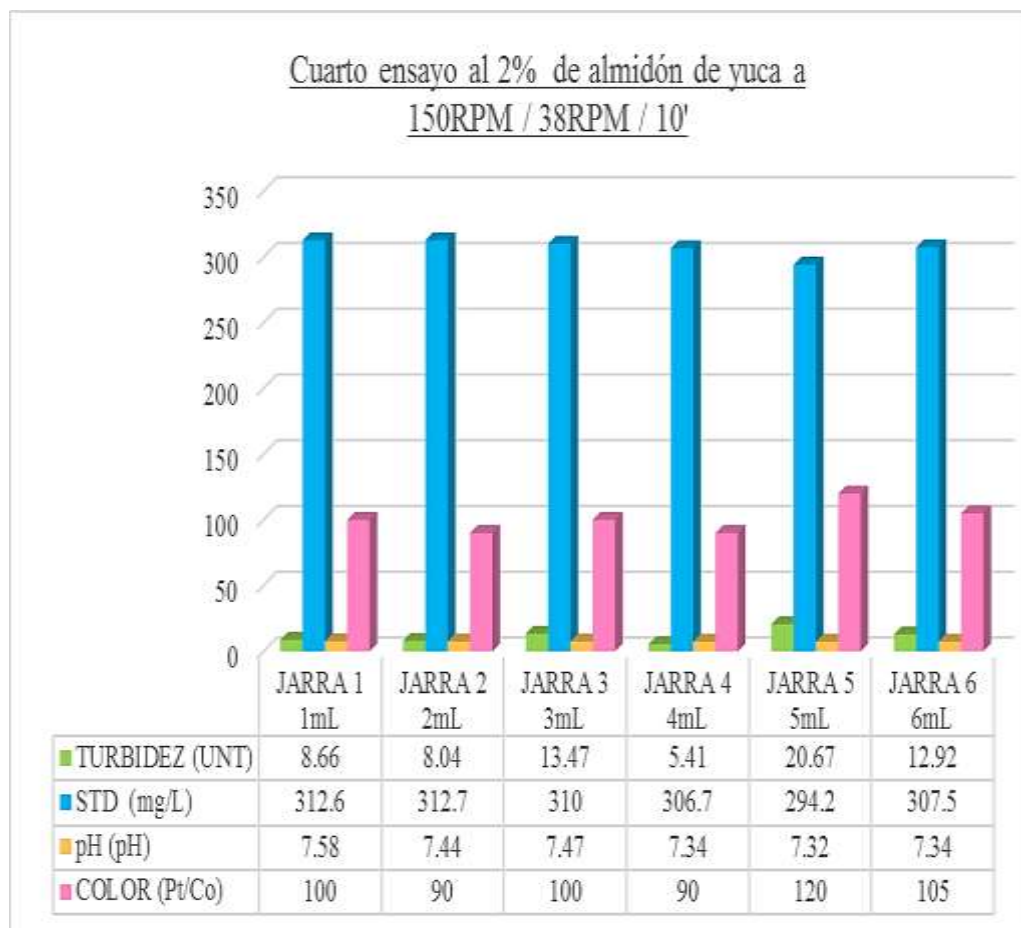


Figura 26. Cuarto ensayo al 2% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10' (ver anexo 3, tabla 17). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 150 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 2%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 4 al agregar 4 mL de la solución, los cuales son: turbidez 5.41 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 306.7 mg/L, pH 7.34 y color de 90 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

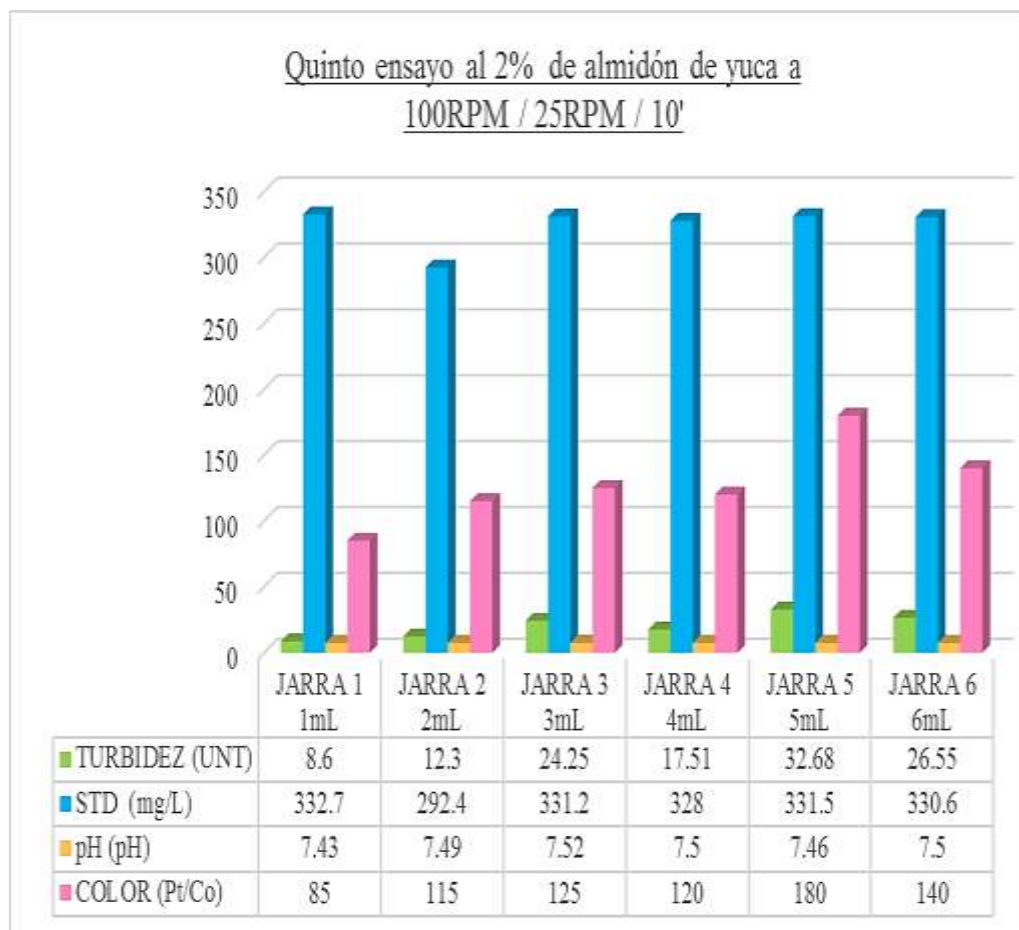


Figura 27. Quinto ensayo al 2% de almidón de yuca a 100RPM/25RPM/10' (ver anexo 3, tabla 18). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 100 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 2%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 1 al agregar 1 mL de la solución, los cuales son: turbidez 8.6 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 332.7 mg/L, pH 7.43 y color de 85 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

C. Almidón de yuca al 3%

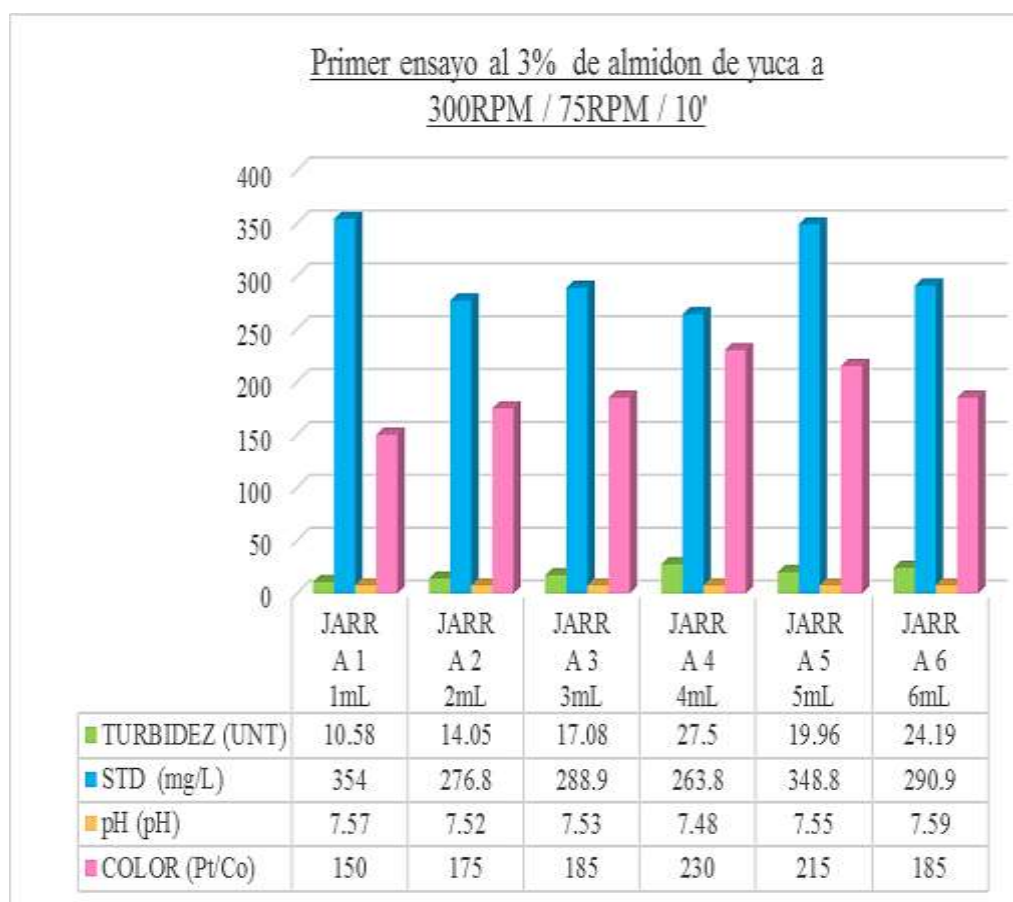


Figura 28. Primer ensayo al 3% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10' (ver anexo 3, tabla 19). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 300 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 3%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 1 al agregar 1 mL de la solución, los cuales son: turbidez 10.58 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 354 mg/L, pH 7.57 y color de 150 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

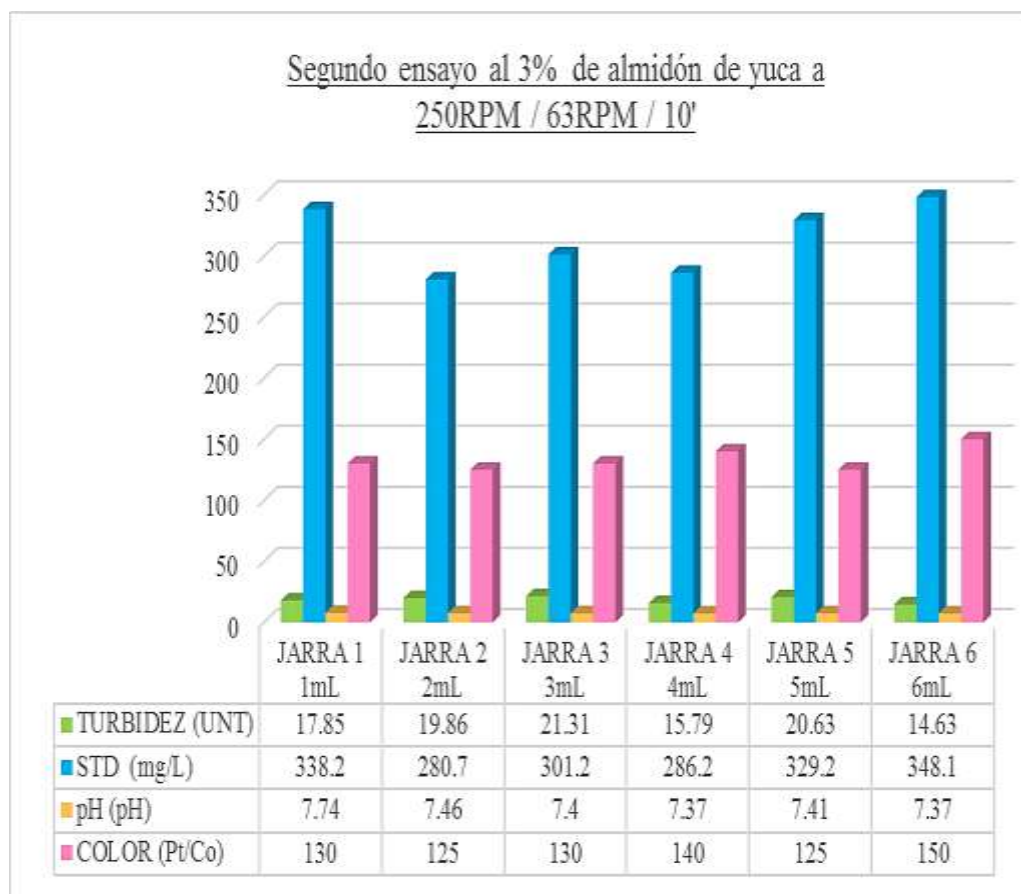


Figura 29. Segundo ensayo al 3% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10' (ver anexo 3, tabla 20). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 250 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 3%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 4 al agregar 4 mL de la solución, los cuales son: turbidez 10.58 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 354 mg/L, pH 7.57 y color de 150 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

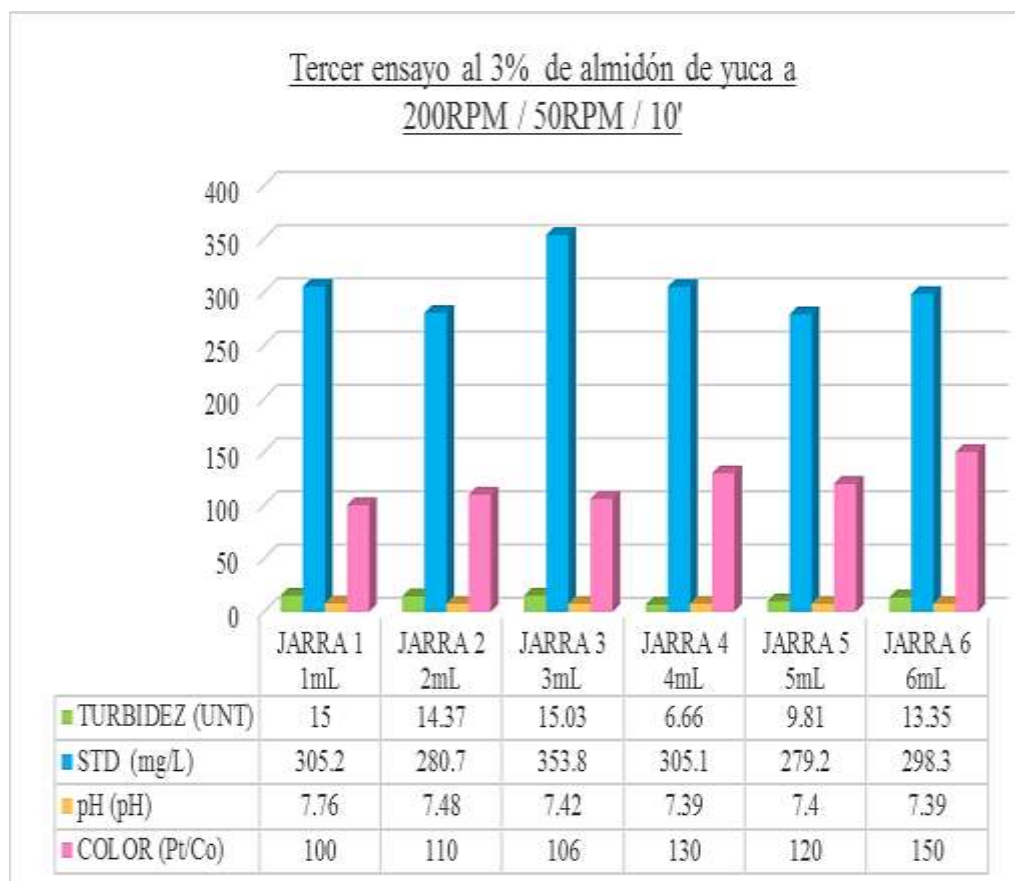


Figura 30. Tercer ensayo al 3% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10' (ver anexo 3, tabla 21). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 200 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 3%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 4 al agregar 4 mL de la solución, los cuales son: turbidez 6.66 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 305.1 mg/L, pH 7.39 y color de 130 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

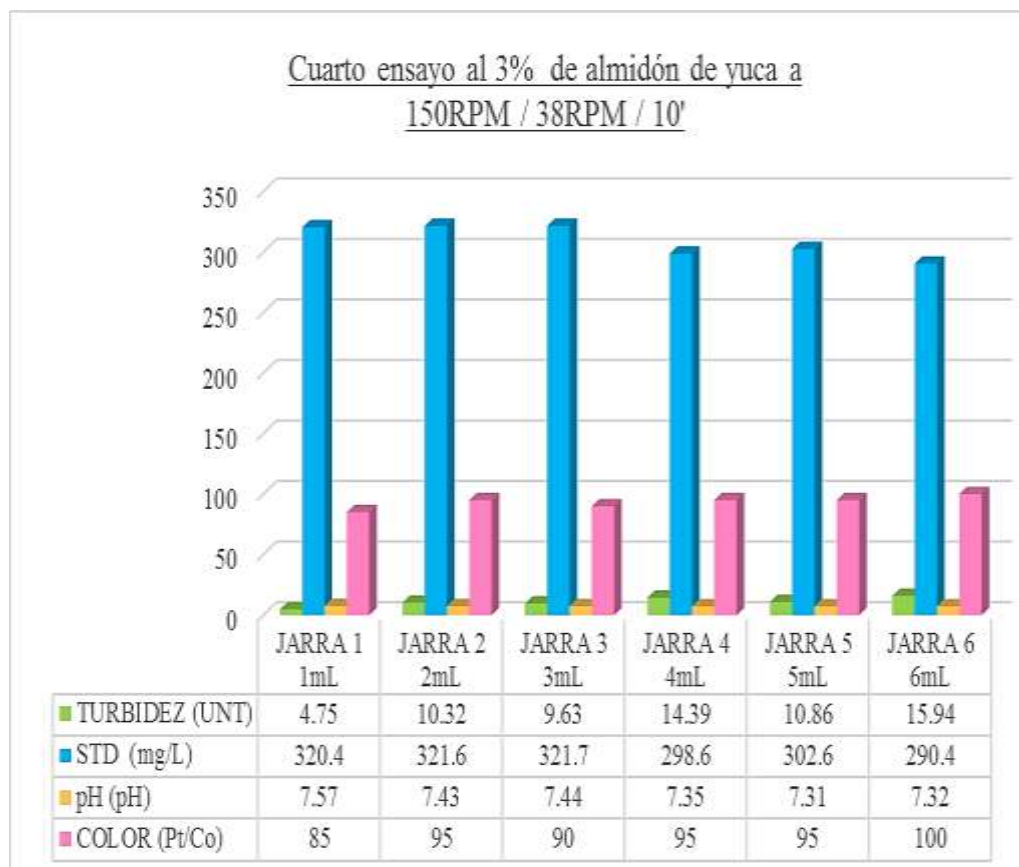


Figura 31. Cuarto ensayo al 3% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10' (ver anexo 3, tabla 22). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 150 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 3%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 1 al agregar 1 mL de la solución, los cuales son: turbidez 4.75 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 320.4 mg/L, pH 7.57 y color de 85 Pt/Co, los cuales se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, excepto el color puesto que este parámetro supera los 15 Pt/Co establecido en Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, solo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

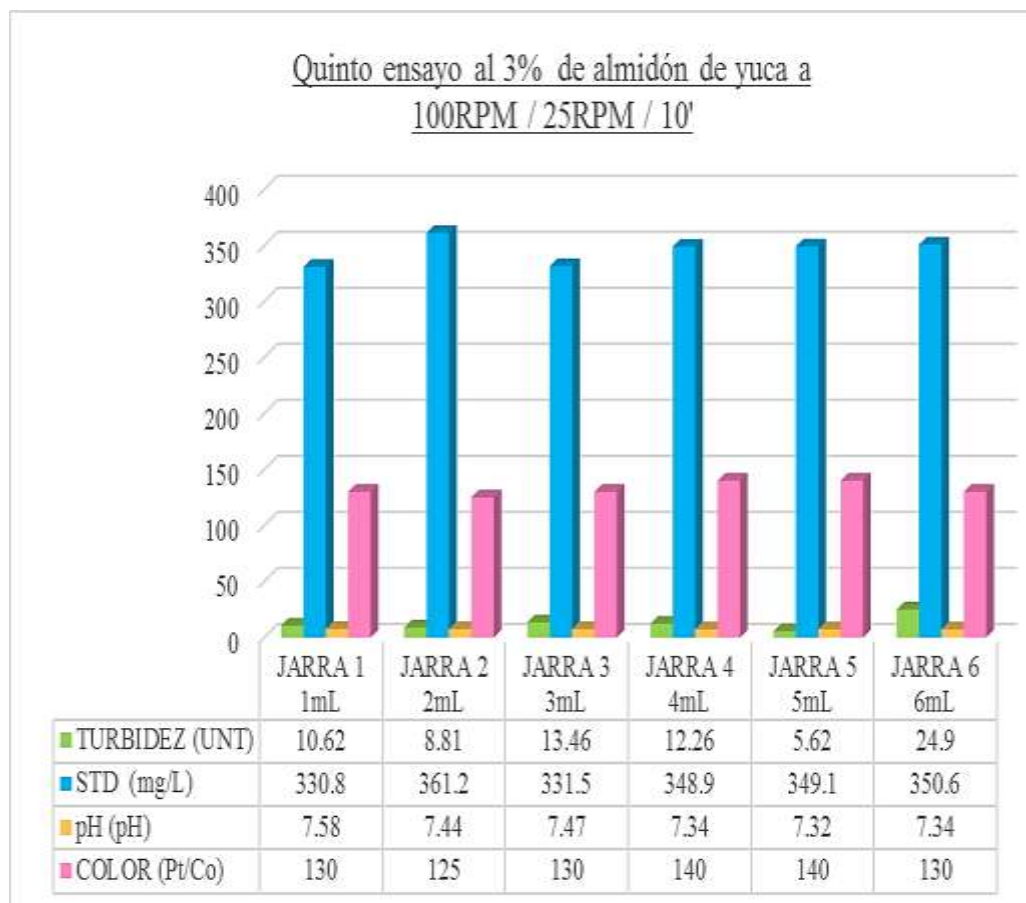


Figura 32. Quinto ensayo al 3% de almidón de yuca a 100RPM/25RPM/10' (ver anexo 3, tabla 23). Los resultados obtenidos después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras a 100 RPM (revoluciones por minuto), utilizando sulfato de aluminio al 3%, los mejores resultados se obtuvieron en la jarra 5 al agregar 5 mL de la solución, los cuales son: turbidez 5.62 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), sólidos totales disueltos 349.1 mg/L, pH 7.32 y color de 140 Pt/Co, aunque no se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, son los valores mínimos obtenidos, sólo el potencial de hidrógeno y los sólidos totales disueltos están por debajo del límite que es de STD 1000 mg/L y pH (6.5-8.5) para todas las jarras, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

3.3.3 Comparación de los parámetros de calidad del agua del río Shanusi entre sulfato de aluminio y almidón de yuca

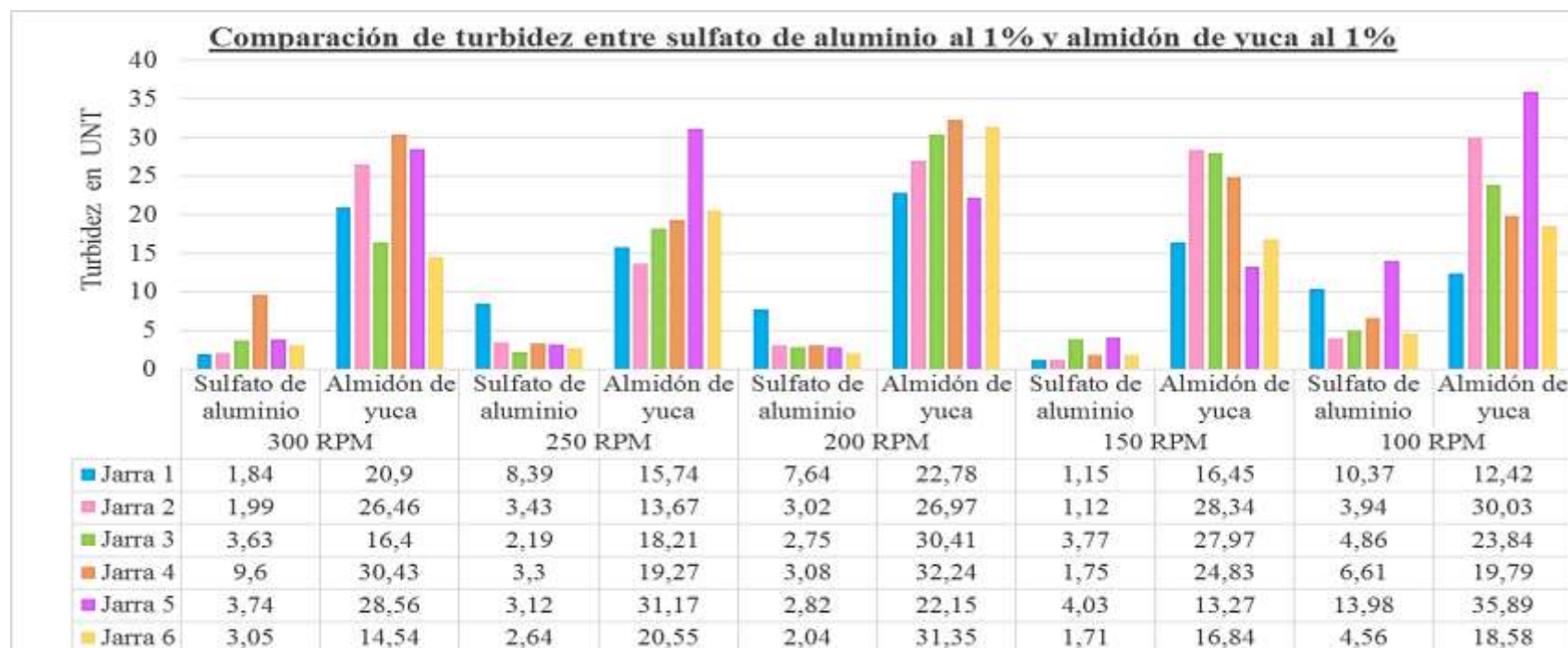


Figura 33. Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1% (ver anexo 4, tabla 24). El mejor resultado de turbidez después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 1.12 UNT (unidad nefelométrica de turbidez) encontrado en el ensayo 4, jarra 2, el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 1%, el mejor resultado de turbidez es de 12.42 UNT encontrado en el ensayo 5, jarra 1, dicho parámetro sobrepasa el límite máximo permisible de turbidez de 5 UNT establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al sobrepasar éste no es apto para consumo humano.

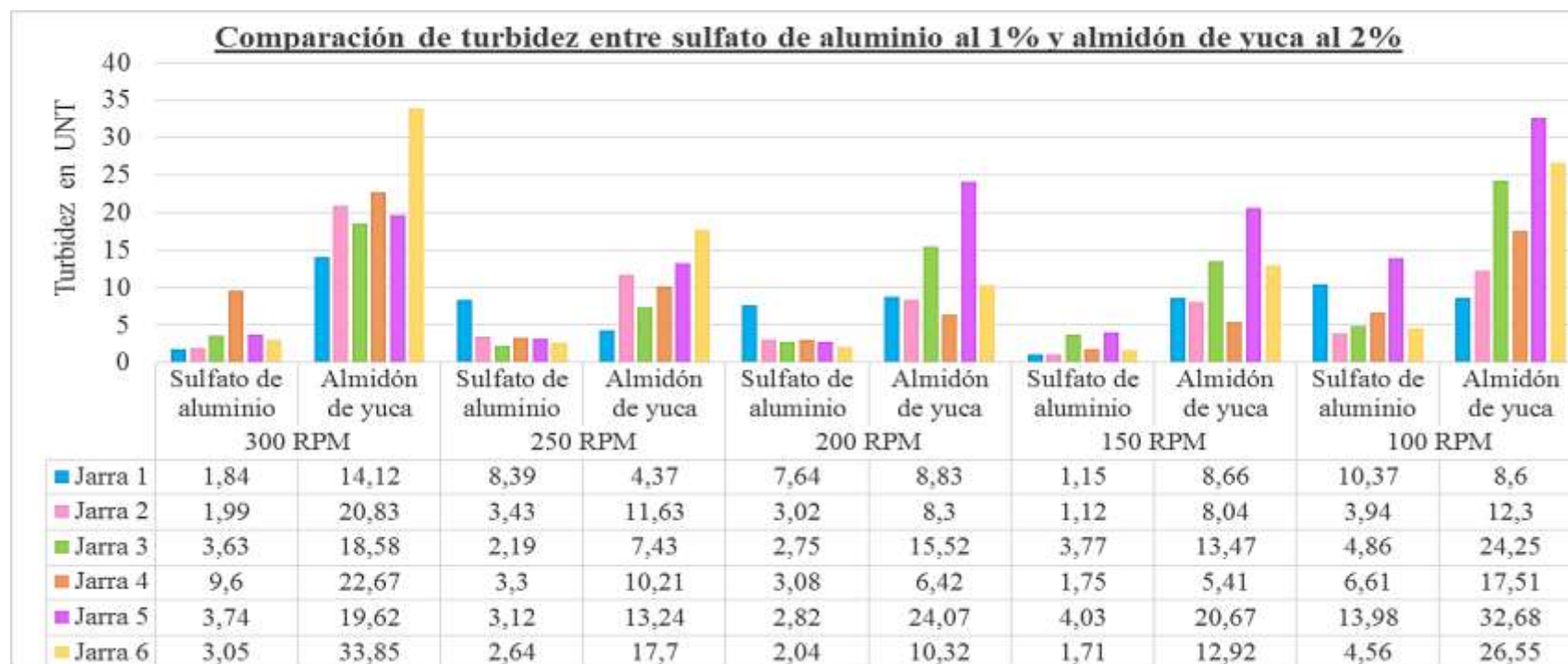


Figura 34. Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2% (ver anexo 4, tabla 25). El mejor resultado de turbidez después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 1.12 UNT (unidad nefelométrica de turbidez) encontrado en el ensayo 4, jarra 2, el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 2%, el mejor resultado de turbidez es de 4.37 UNT encontrado en el ensayo 2, jarra 1, dicho parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permisible de turbidez de 5 UNT establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse por debajo del límite éste es apto para consumo humano.

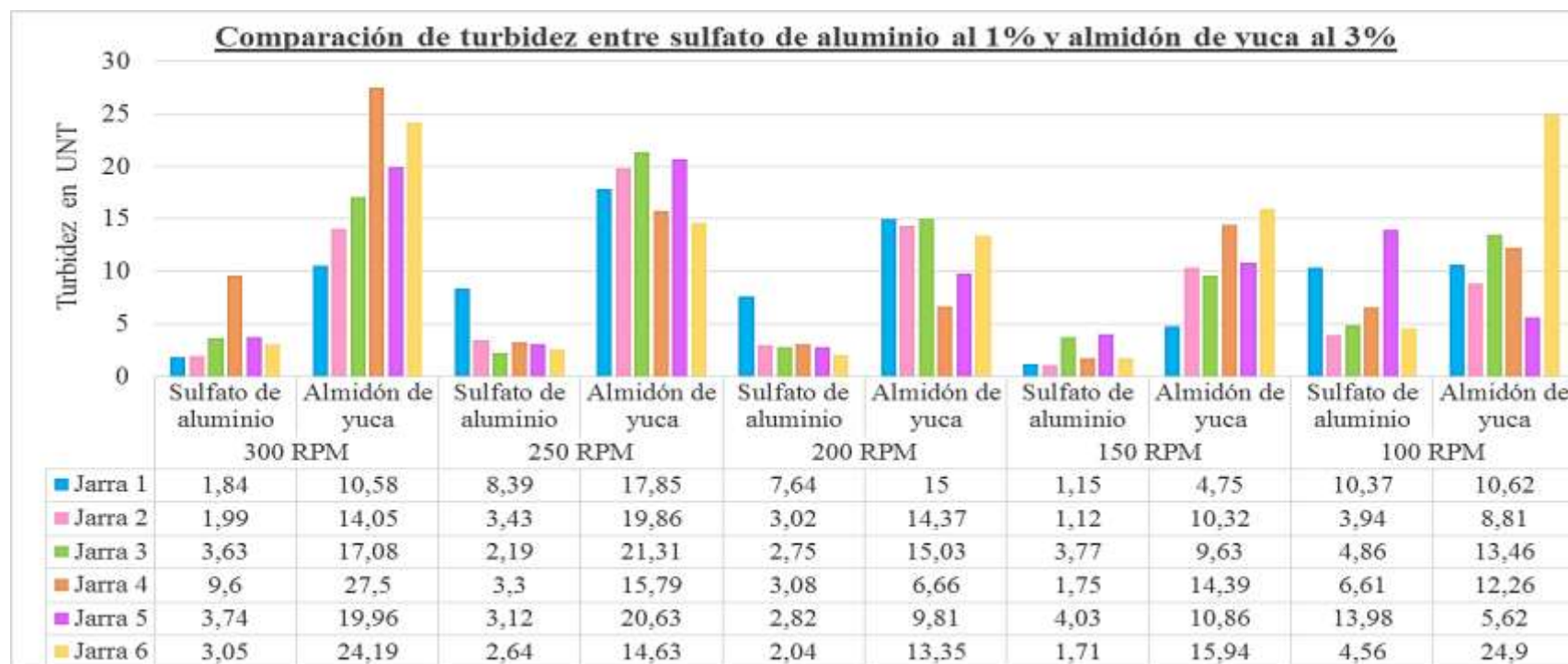


Figura 35. Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3% (ver anexo 4, tabla 26). El mejor resultado de turbidez después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 1.12 UNT (unidad nefelométrica de turbidez) encontrado en el ensayo 4, jarra 2, el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 3%, el mejor resultado de turbidez es de 4.75 UNT encontrado en el ensayo 4, jarra 1, dicho parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permisible de turbidez de 5 UNT establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse por debajo del límite éste es apto para consumo humano.

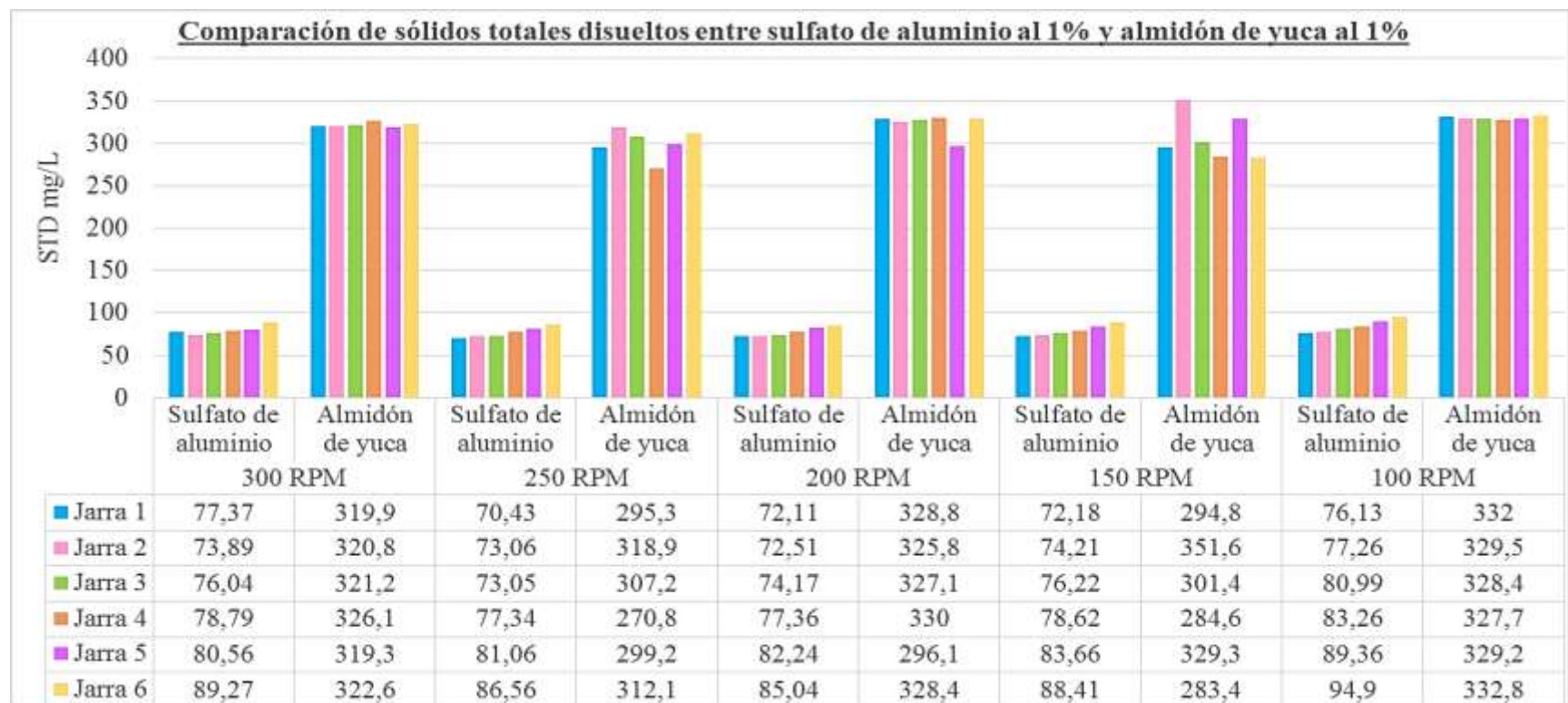


Figura 36. Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1% (ver anexo 4, tabla 27). El mejor resultado de sólidos totales disueltos (STD) después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 70.43 mg/L encontrado en el ensayo 2, jarra 1, el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 1%, el mejor resultado de STD es de 270.8 mg/L encontrado en el ensayo 2, jarra 4, dicho parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permisible de STD 1000 mg/L establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse por debajo del límite éste es apto para consumo humano.

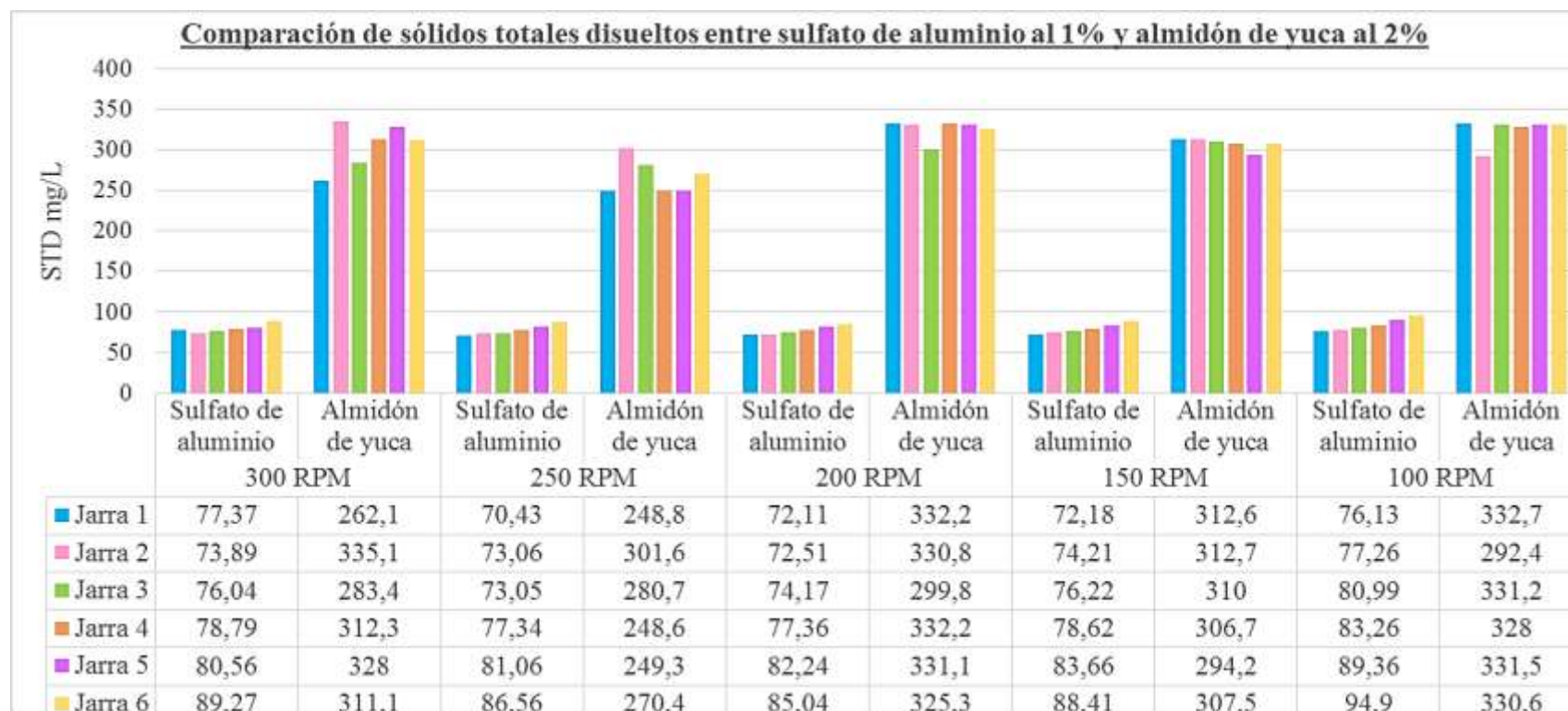


Figura 37. Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2% (ver anexo 4, tabla 28). El mejor resultado de sólidos totales disueltos (STD) después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 70.43 mg/L encontrado en el ensayo 2, jarra 1, el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 2%, el mejor resultado de STD es de 248.6 mg/L encontrado en el ensayo 2, jarra 4, dicho parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permisible de STD 1000 mg/L establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse por debajo del límite éste es apto para consumo humano.

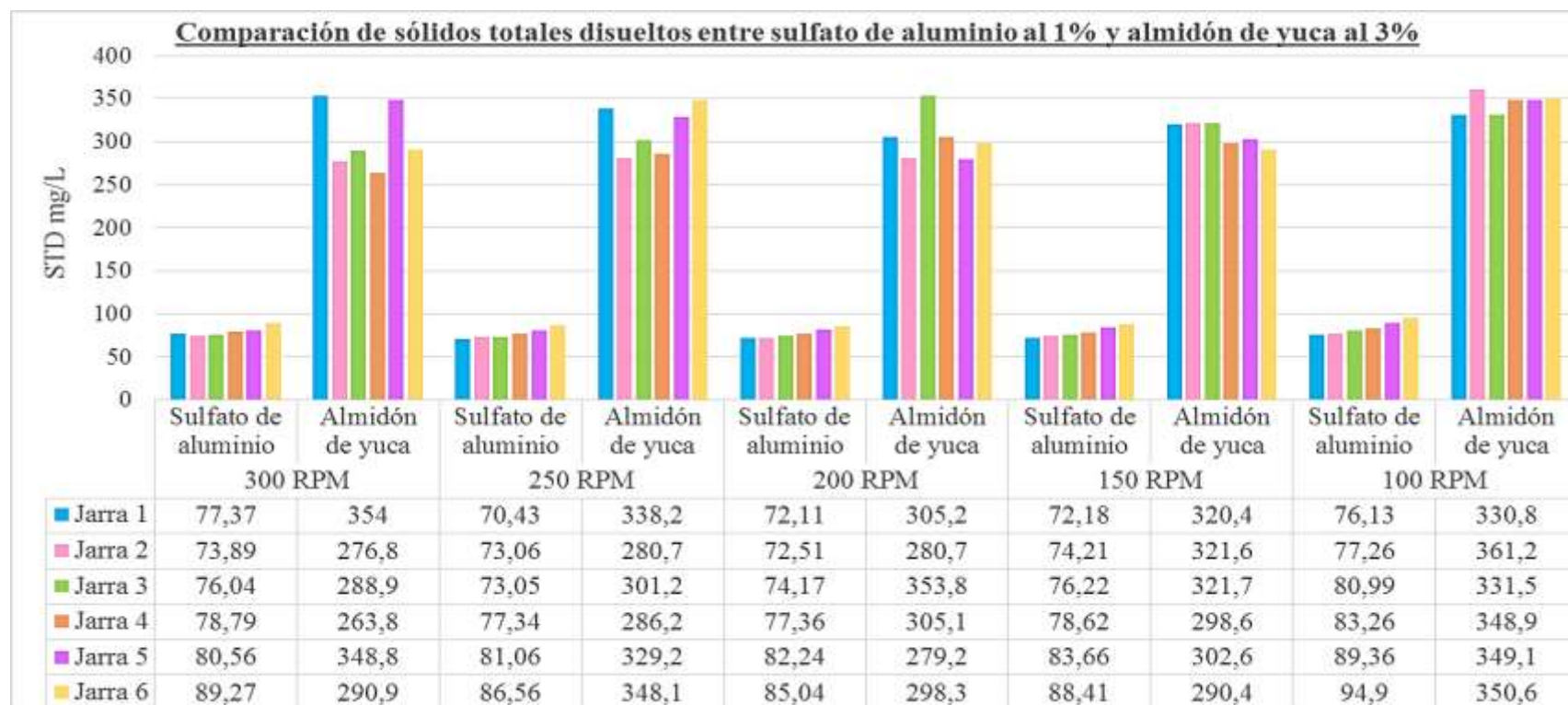


Figura 38. Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3% (ver anexo 4, tabla 29). El mejor resultado de sólidos totales disueltos (STD) después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 70.43 mg/L encontrado en el ensayo 2, jarra 1, el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 3%, el mejor resultado de STD es de 263.8 mg/L encontrado en el ensayo 1, jarra 4, dicho parámetro se encuentra por debajo del límite máximo permisible de STD 1000 mg/L, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse por debajo del límite éste es apto para consumo humano.

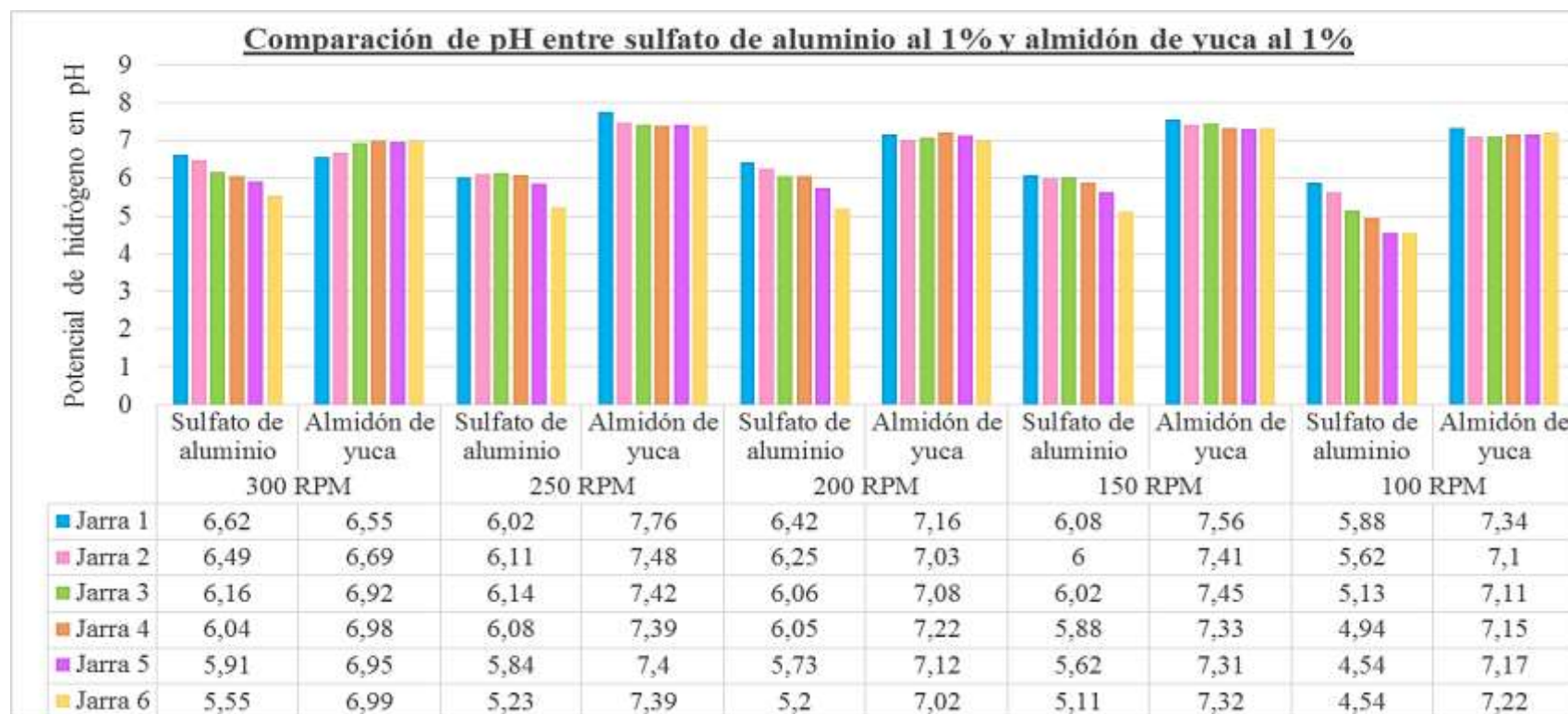


Figura 39. Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1% (ver anexo 4, tabla 30). El mejor resultado de pH después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 6.62 pH encontrado en el ensayo 1, jarra 1, el cual se encuentra dentro del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 1%, el mejor resultado es 7.02 pH encontrado en el ensayo 3, jarra 6, dicho parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse dentro del límite, éste es apto para consumo humano.

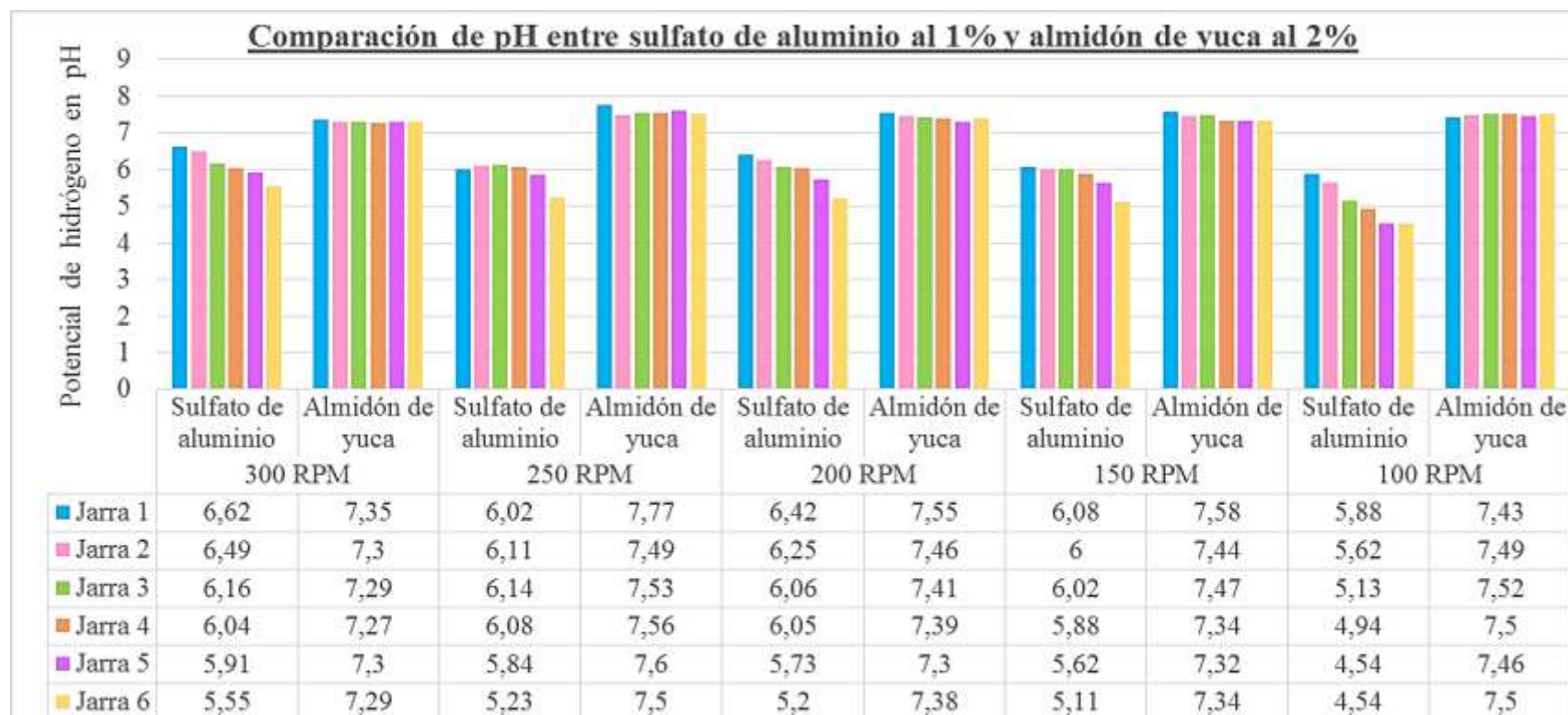


Figura 40. Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2% (ver anexo 4, tabla 31). El mejor resultado de pH después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 6.62 pH encontrado en el ensayo 1, jarra 1, el cual se encuentra dentro del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 2%, el mejor resultado es 7.27 pH encontrado en el ensayo 1, jarra 4, dicho parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse dentro del límite éste es apto para consumo humano.

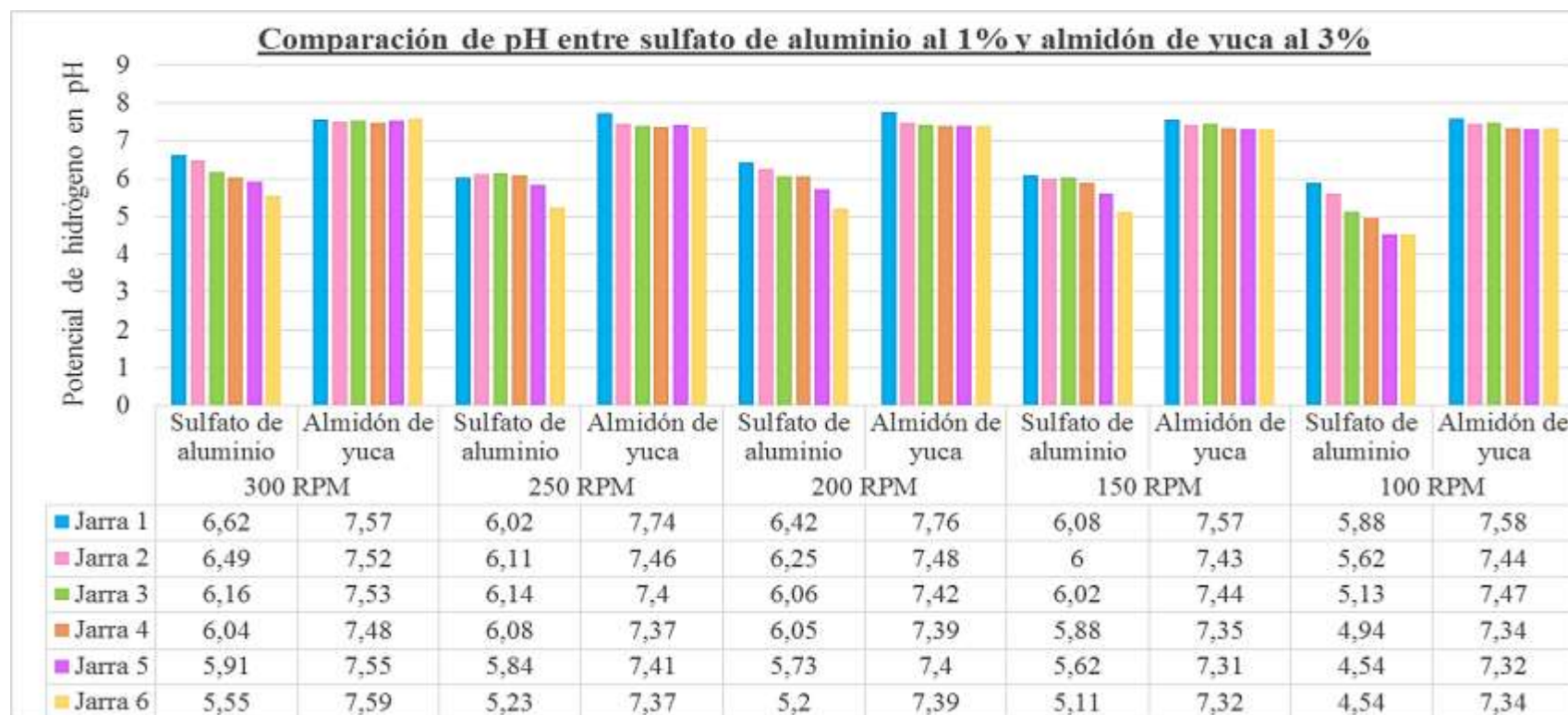


Figura 41. Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3% (ver anexo 4, tabla 32). El mejor resultado de pH después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 6.62 pH encontrado en el ensayo 1, jarra 1, el cual se encuentra dentro del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 3%, el mejor resultado es 7.31 pH encontrado en el ensayo 4, jarra 5, dicho parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible de pH (6.5-8.5), establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al encontrarse dentro del límite, éste es apto para consumo humano.

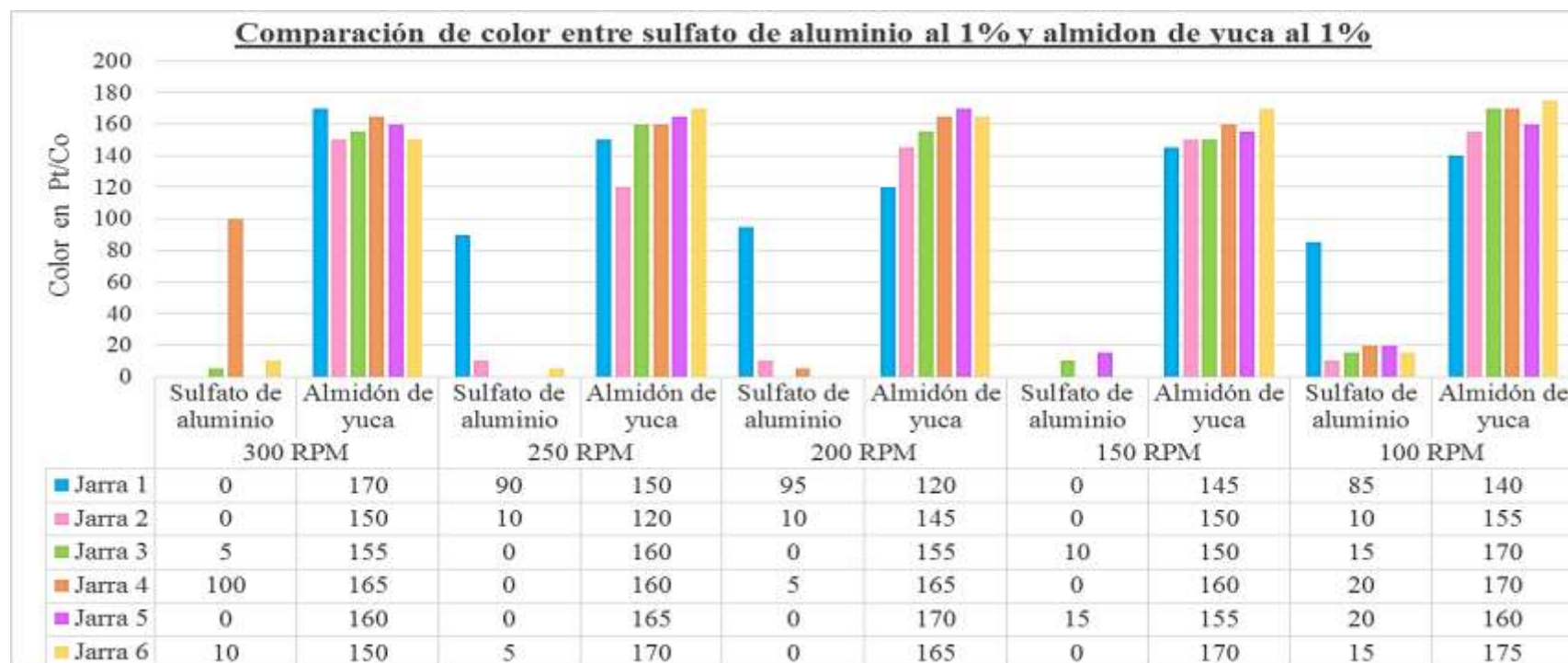


Figura 42. Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1% (ver anexo 4, tabla 33). El mejor resultado de color después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 0 Pt/Co (escala Platino-Cobalto) encontrado en el ensayo 1 (jarra 1, 2 y 5), ensayo 2 (jarra 3, 4 y 5), ensayo 3 (3, 5 y 6) y ensayo 4 (1, 2, 4 y 6), el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 1%, el mejor resultado de color es de 120 Pt/Co encontrado en el ensayo 2 y 2, jarra 3 y 1 respectivamente, dicho parámetro sobrepasa el límite máximo permisible de color 15 Pt/Co, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al sobrepasar, éste no es apto para consumo humano.

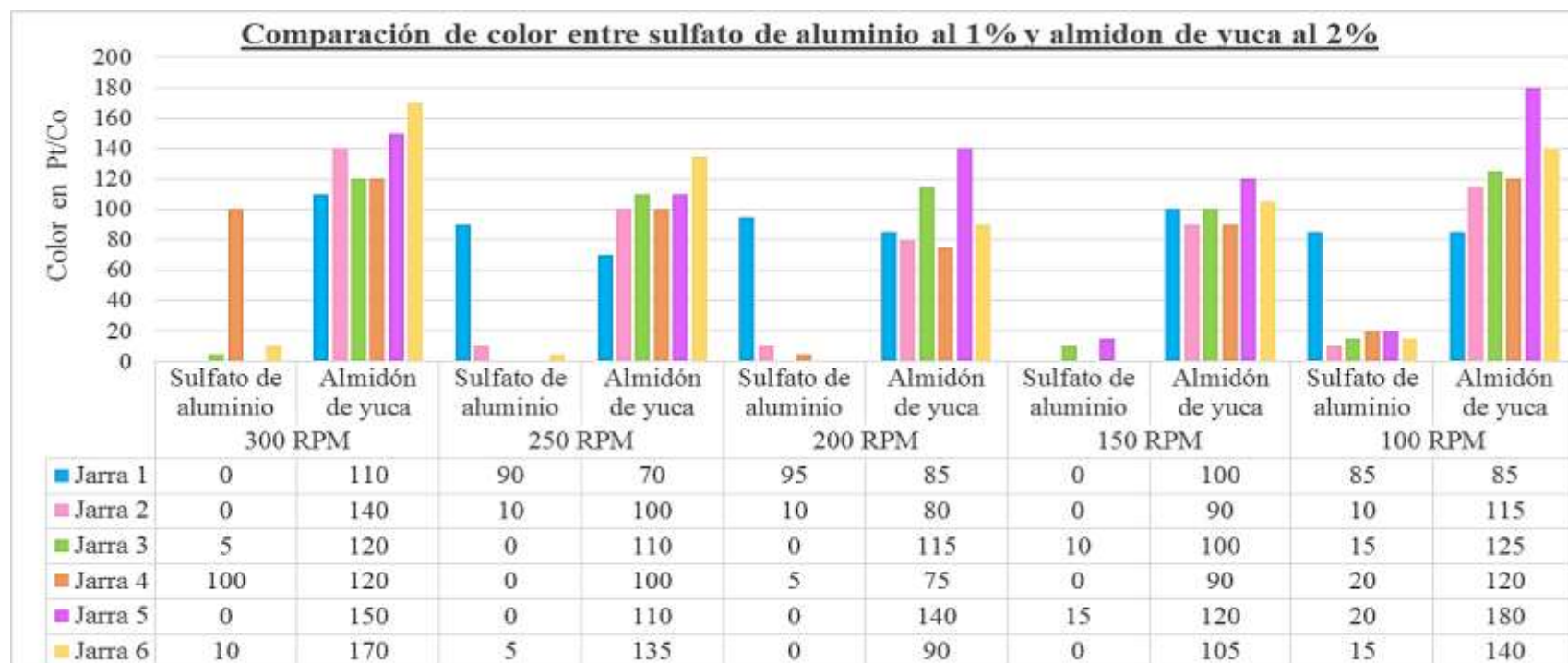


Figura 43. Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2% (ver anexo 4, tabla 34). El mejor resultado de color después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 0 Pt/Co (escala Platino-Cobalto) encontrado en el ensayo 1 (jarra 1, 2 y 5), ensayo 2 (jarra 3, 4 y 5), ensayo 3 (3, 5 y 6) y ensayo 4 (1, 2, 4 y 6), el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 2%, el mejor resultado de color es de 70 Pt/Co encontrado en el ensayo 2, jarra 1 respectivamente, dicho parámetro sobrepasa el límite máximo permisible de color 15 Pt/Co, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al sobrepasar, éste no es apto para consumo humano.

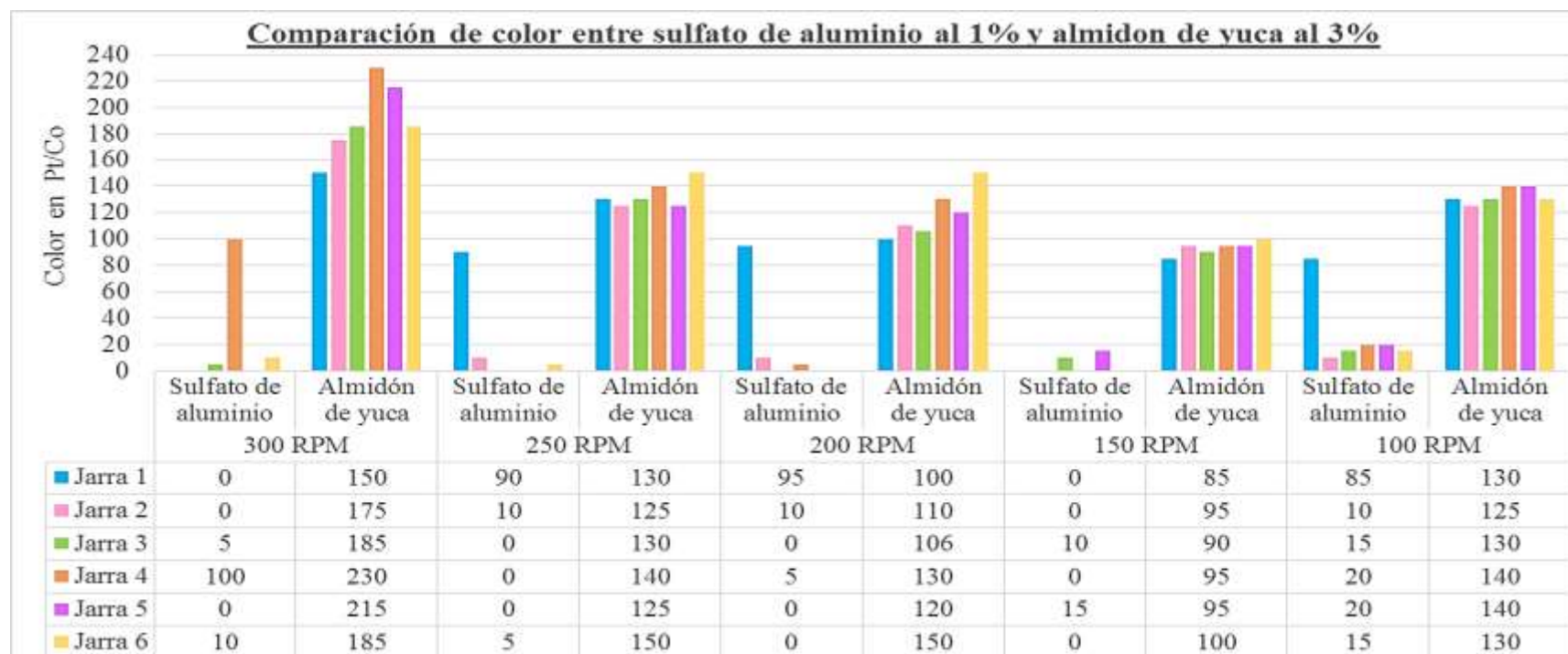


Figura 44. Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3% (ver anexo 4, tabla 35). El mejor resultado de color después del tratamiento primario del agua del río Shanusi, con la técnica de prueba de jarras, utilizando sulfato de aluminio al 1%, es de 0 Pt/Co (escala Platino-Cobalto) encontrado en el ensayo 1 (jarra 1, 2 y 5), ensayo 2 (jarra 3, 4 y 5), ensayo 3 (3, 5 y 6) y ensayo 4 (1, 2, 4 y 6), el cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Al utilizar almidón de yuca al 3%, el mejor resultado de color es de 85 Pt/Co encontrado en el ensayo 4, jarra 1 respectivamente, dicho parámetro sobrepasa el límite máximo permisible de color 15 Pt/Co, establecido en el Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, al sobrepasar, éste no es apto para consumo humano.

3.3.4 Dosis óptima de los coagulantes

La dosis óptima para cada coagulante se calculó mediante la siguiente formula:

$$D.O \text{ (mg/L)} = \frac{V \text{ jeringa (mL)} * C \text{ sol. Mad (mg/L)}}{V \text{ jarra (mL)}}$$

Sulfato de aluminio

$$D.O \text{ (mg/L)} = \frac{V \text{ jeringa (mL)} * C \text{ sol. Mad (mg/L)}}{V \text{ jarra (mL)}}$$

$$D.O \text{ (mg/L)} = \frac{1 \text{ (mL)} * 10,000 \text{ (mg/L)}}{500 \text{ (mL)}}$$

$$D.O \text{ (mg/L)} = 20 \text{ mg/L}$$

La dosis óptima del sulfato de aluminio se obtuvo a una concentración del 1% añadiendo 20 mg/L a 150 RPM mezcla rápida (1.5 minutos), 25 RPM mezcla lenta (15 minutos), sedimentación (10 minutos).

Tabla I

Parámetros finales al agregar sulfato de aluminio

Parámetros	Muestra	Parámetro Inicial	Parámetro Final	LMP
Turbidez (NTU)		144	1,15	5
STD (mg/L)		369,6	72,18	1000
Potencial de hidrógeno (pH)		6,72	7,24	6,5
Color (UPC)		290	0	15

Fuente: Datos obtenidos de campo 2016.

Almidón de yuca

$$D.O \text{ (mg/L)} = \frac{V \text{ jeringa (mL)} * C \text{ sol. Mad (mg/L)}}{V \text{ jarra (ml)}}$$

$$D.O \text{ (mg/L)} = \frac{1 \text{ (mL)} * 20,000 \text{ (mg/L)}}{500 \text{ (mL)}}$$

$$D.O \text{ (mg/L)} = 40 \text{ mg/L}$$

La dosis óptima del almidón de yuca se obtuvo a una concentración del 2% añadiendo 40 mg/L a 250 RPM mezcla rápida (1.5 minutos), 38 RPM mezcla lenta (15 minutos), sedimentación (10 minutos).

Tabla II

Parámetros finales al agregar almidón de yuca

Parámetros	Muestra	Parámetro Inicial	Parámetro Final	LMP
Turbidez (NTU)		137	4,37	5
STD (mg/L)		337,6	250,8	1000
Potencial de hidrógeno (pH)		6,77	7,77	6,5
Color (UPC)		263	70	15

Fuente: Datos obtenidos de campo 2016.

La contrastación de la hipótesis se realizó mediante la coagulación, floculación y sedimentación de las aguas del río Shanusi del centro poblado Pampa Hermosa, al cual se agregó almidón de yuca y sulfato de aluminio; en las diferentes pruebas. Se tomaron 3 muestras de agua del río Shanusi, las cuales están contempladas en el periodo de ejecución del proyecto.

Encontré el punto óptimo en la concentración al 2% de almidón de yuca, lo que contrasta la hipótesis al compararlo con las muestras dosificadas con sulfato de aluminio al 1%, demostrando la eficiencia de ambos tratamientos.

3.4 Discusiones

- **Solís, et al., (2012)**, en sus resultados lograron comprobar que las mezclas de sulfato de aluminio con almidón de yuca tienen un potencial de coagulación-floculación y podrían ayudar al tratamiento de las aguas superficiales. El empleo de almidón como agente coadyuvante en la remoción de color, mezclado con sulfato de aluminio (agente coagulante), permitiría reducir el costo económico, el impacto ambiental y los efectos a la salud pública. En éste estudio el almidón de yuca se utilizó, obteniendo resultados favorables como coagulante logra remover 96.82% de turbidez, 25.95% de sólidos totales disueltos, 73.39% de color y mantiene el pH dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH, indicando así su efectividad como coagulante natural.
- **Trujillo, et al., (2014)**, en su trabajo de investigación, concluyen que las observaciones realizadas durante las pruebas de jarras y los datos de turbiedad indican que el almidón de plátano utilizado es efectivo como ayudante de floculación, cuando se usa sulfato de aluminio líquido. De este modo se corrobora que el almidón de plátano es prometedor para substituir el uso de polielectrolitos comerciales y reducir así los costos de los tratamientos por coagulación/ floculación. Cuando se usó sulfato de aluminio granulado no se obtuvo una identificación clara de los factores relevantes, de modo que los datos no son adecuados para el análisis estadístico. En esta investigación para el proceso de tratamiento primario del agua del río Shanusi, mediante coagulación, floculación y sedimentación, se utilizó almidón de yuca comparado con sulfato de aluminio, lo cual dio resultados positivos para disminuir los parámetro de turbidez, sólidos totales disueltos color y mantiene el pH dentro de los límites máximos permisibles, además ayuda a neutralizar el pH, quedando demostrado que el almidón de yuca puede ser una alternativa válida para el

tratamiento de las aguas para consumo humano de Pampa Hermosa; el sulfato de aluminio también demostró disminuir los parámetros de turbidez, sólidos totales disueltos, color y aunque disminuye el pH proporcionando acidez al agua en algunos casos, en la dosis óptima encontrada mantiene el pH dentro de los límites máximos permisibles, de esta manera se demuestra que ambos procesos se pueden utilizar para el tratamiento del agua del río Shanusi.

- **Cabrera y Ramírez, (2014)**, en su investigación al evaluar el comportamiento del almidón de yuca en el rango de dosificación comprendido entre 20 mg/L a 120 mg/L, evidencia que aplicando dosis mayores a 25 mg/L de almidón de yuca no se logra remoción de color, por el contrario, éste le confiere color al agua, dejándola con un valor mayor al que inicialmente presenta la muestra de agua de la quebrada Yamuesquer, por lo tanto se debe evaluar su comportamiento con dosificaciones menores. Al analizar el comportamiento del sulfato de aluminio en el rango de dosificación comprendido entre 20 mg/L a 120 mg/L, evidencia que con dosis mayores a 500 mg/L de coagulante, los niveles de remoción obtenidos permanecen constantes, por lo tanto se selecciona como rango óptimo para el sulfato de aluminio el comprendido entre 35 mg/L a 45 mg/L. En el presente trabajo de investigación al evaluar el comportamiento del almidón de yuca como coagulante con una dosificación de 40 mg/L, alcanzó una eficiencia aceptable para el agua del río Shanusi, pues, pese a no alcanzar el límite máximo permisible de color establecido en establecido en el DS N° 031-2010-SA, logra remover 96.82% de turbidez, 25.95% de sólidos totales disueltos, 73.39% de color y mantiene el pH dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH. También se evidenció que el sulfato de aluminio como coagulante es eficiente a una concentración del 1% añadiendo 20 mg/L, con esta dosificación se observa que logra remover turbidez, sólidos totales disueltos, color

y al pH aunque lo disminuye, lo mantiene dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH.

- **López, et al., (2014)**, al concluir su investigación sugieren que la aplicación de agentes coadyuvantes basados en almidones modificados de malanga (*Colocasia esculenta*) en combinación con agentes convencionales como el sulfato de aluminio, aunque muestran un potencial significativo para la remoción de turbiedad y de color en el proceso de coagulación-floculación para el tratamiento de aguas, no es necesario ya que con el almidón nativo se logran remociones de turbiedad similares; sin embargo, deben considerarse futuras investigaciones. Por lo anterior, se puede concluir que la aplicación de estos polímeros orgánicos es técnicamente viable como agentes coadyuvantes en el proceso de coagulación-floculación con fines de potabilización. Para esta investigación se utilizó el almidón nativo de yuca con el cual también se evidenció resultados favorables removiendo turbidez, sólidos totales disueltos, color y manteniendo el pH según los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

3.5 Conclusiones

- Las muestras tomadas demuestran estar en una condición poco favorable no apto para consumo humano y muy alejado de los Estándares de Calidad Ambiental, muestra 1: turbidez 144 UNT, STD 369.6, 6.72 pH, color 290 Pt/Co; muestra 2: turbidez 137 UNT, STD 337.6, 6.77 pH, color 263 Pt/Co; muestra 3: turbidez 129 UNT, STD 257.3, 7.4 pH, color 256 Pt/Co.
- Después de realizar los ensayos se determinó los parámetros de los cuales los mejores resultados obtenidos al agregar sulfato de aluminio al 1% son: turbidez 1.12 UNT, STD 70.43 mg/L, 6.62 pH, color 0 Pt/Co, los cuales se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles; con el almidón de yuca al 1% los mejores resultados son: turbidez 12.42 UNT, STD 246.8 mg/L, 7.02 pH y color 120 Pt/Co; al 2% turbidez 4.37 UNT, STD 248.6 mg/L, 7.27 pH y color 70 Pt/Co; al 3% turbidez 4.75 UNT, STD 243.8 mg/L, 7.31 pH y color 85 Pt/Co.
- Al comparar el almidón de yuca con sulfato de aluminio, el almidón de yuca al 2 % alcanzó una eficiencia aceptable para el agua del río Shanusi, pues, pese a no alcanzar el límite máximo permisible de color establecido en el DS N° 031-2010-SA, logra disminuir 96.82% de turbidez, 25.95% de sólidos totales disueltos, 73.39% de color y mantiene el pH dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH; el sulfato de aluminio tubo mejores resultados a una concentración del 1%, los cuales se encuentran por debajo del límite máximo permisible, logrando así disminuir 99.20% de turbidez, 79.92% de sólidos totales disueltos, 100% de color y al pH aunque lo disminuye, lo mantiene dentro del límite máximo permisible de (6.5-8.5) pH.
- Al evaluar el tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, la dosis óptima obtenida para el almidón de yuca es a una concentración del 2% añadiendo 40 mg/L; para el sulfato de aluminio la dosis óptima obtenida es a una concentración del 1% añadiendo 20 mg/L.

3.6 Recomendaciones

- Realizar estudios específicos sobre el color ya que es el único parámetro que no se encuentra dentro del límite máximo permisible de color en establecido en el DS N° 031-2010-SA, a su vez cabe resaltar la eficiencia demostrada del sulfato de aluminio.
- Para el tratamiento del agua con sulfato de aluminio, realizar estudios específicos sobre pH, ya que se evidenció que al agregar éste coagulante disminuye notablemente; y así pueda cumplir con el límite máximo permisible de pH en establecido en el DS N° 031-2010-SA.
- Tener mucho cuidado y notable control con la cantidad de dosificación con almidón de yuca, sobre todo con el sulfato de aluminio ya que es un coagulante químico, debido a que pueden variar y elevar los parámetros alejándolos de los límites máximos permisibles, establecido en el DS N° 031-2010-SA, pues las cantidades pueden ser óptimas de acuerdo a los parámetros iniciales del agua y de acuerdo al estado de la misma.
- Realizar más estudios de los ríos amazónicos para el tratamiento de las aguas para el consumo humano.
- Evaluar el comportamiento del río Shanusi en las distintas estaciones, mínimo durante de un año, puesto que las características del río varían de acuerdo a estas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, J. y Guzmán, J. (2011). *Ingeniera ambiental*. Alfa Omega. México
- Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Tomo I: Capítulo 1 Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Capítulo 4 Coagulación*. CEPIS. Perú.
- Brumovsky, L. (2014). *Química del almidón*. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales.
- Cabrera, G. y Ramirez, J. (2014). *Almidón extraído de la yuca (Manihot esculenta crants) como coagulante alternativo para tratamiento del agua de la quebrada Yamuesquer municipio de Potosí*. Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería.
- Carbajal, A. y González, M. (2012). *Capítulo 3 Propiedades y funciones biológicas del agua*. Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, España.
- De Vargas, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Tomo I: Capítulo 6 Floculación*. CEPIS. Perú.
- Fuentes, F y Masool, A. (2002). *Manual de laboratorios: segunda parte: parámetros físico-químicos*. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico.
- Gonzales, J., Martinez, A. y Othaola, J. (2012). *Almidón de yuca (Manihot esculenta) como aditivo controlador de filtrado para fluidos de perforación base agua*. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería de Petróleo, Venezuela.
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L. y Betancur, D. (2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán*.

Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería Química, México.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista P. (2010). *Metodología de la investigación*. 5ta ed. McGRAW-HILL Interamericana. México.

Inga, H. y López, J. (2001). *Diversidad de yuca (Manihot esculenta crantz) en Jenaro Herrera, Loreto – Perú*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.

Jaramillo, H. (2013). *Almidón de yuca*. Universidad Autónoma de Occidente, Colombia.

Kiely, G. (1999). *Ingeniería ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill Interamericana. España.

López, R., Laines, J., Hernández, J. y Aparicio, M. (2014). *Evaluación de almidones de malanga (Colocasia esculenta) como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización de agua*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. México.

Manahan, S. (2007) *Introducción a la química ambiental*. Revete ediciones S.A. México.

Maldonado, V. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: Tomo II: Capítulo 7 Sedimentación*. CEPIS. Perú.

Mihelcic, J. y Zimmerman, J. (2012). *Ingeniería ambiental: Fundamentos, sustentabilidad, diseño*. Alfa omega. México.

MINSA. (2010). *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano*: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2011.

Pérez, A. y Silva, J. (2009) *Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca*. Optimización de variables Ambientales y Operacionales. Universidad del Valle, Colombia.

Solís, S., Laines, J. y Hernández, J. (2012). *Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, México.

Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., Rincón, A., Pacheco, P. y Herrera, O. (2014). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*. Universidad Industrial de Santander, Colombia.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

MINAM, (2015). *Estándares de Calidad Ambiental. DS N° 015-2015-MINAM.*

Lima — Perú. Recuperado de:
<http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf>

MINAM, (2017). *Estándares de Calidad Ambiental.* Lima – Perú.

Recuperado de:
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>

Norma OS.090 *Plantas de tratamiento de aguas residuales.* Recuperado de:

https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf

Sigler, A. Y Bauder, J. (2012). *Alcalinidad, pH, y sólidos disueltos totales.*

Universidad Estatal de Montana, Programa de Extensión en Calidad del Agua, Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales.

Recuperado de:
http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

ANEXOS

ANEXO 1: Parámetros iniciales de la calidad del agua del río Shanusi

Tabla 1

Comparación de los parámetros iniciales de la muestra 1 con los ECAs

Muestra	Parámetro	ECA
Parámetros	inicial	
Turbidez (UNT)	144	5
STD (mg/L)	369.6	1000
pH (pH)	6.72	6.5
Color (UPC)	290	15

Tabla 2

Comparación de los parámetros iniciales de la muestra 2 con los ECAs

Muestra	Parámetro	ECA
Parámetros	inicial	
Turbidez (UNT)	137	5
STD (mg/L)	337.6	1000
pH (pH)	6.77	6.5
Color (Pt/Co)	263	15

Tabla 3

Comparación de los parámetros iniciales de la muestra 3 con los ECAs

Muestra	Parámetro	ECA
Parámetros	inicial	
Turbidez (UNT)	129	5
STD (mg/L)	257.3	1000
pH (pH)	7.4	6.5
Color (Pt/Co)	256	15

ANEXO 2: Parámetros, obtenidos después del tratamiento primario usando sulfato de aluminio

Tabla 4

Primer ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 300RPM/75RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	1.84	1.99	3.63	9.6	3.74	3.05
STD (mg/L)	77.37	73.89	76.04	78.79	80.56	89.27
pH (pH)	6.62	6.49	6.16	6.04	5.91	5.55
Color (Pt/Co)	0	0	5	50	0	10

Tabla 5

Segundo ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 250RPM/63RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	8.39	3.43	2.19	3.3	3.12	2.64
STD (mg/L)	70.43	73.06	73.05	77.34	81.06	86.56
pH (pH)	6.02	6.11	6.14	6.08	5.84	5.23
Color (Pt/Co)	30	10	0	0	0	5

Tabla 6

Tercer ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 200RPM/50RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	7.64	3.02	2.75	3.08	2.82	2.04
STD (mg/L)	72.11	72.51	74.17	77.36	82.24	85.04
pH (pH)	6.42	6.25	6.06	6.05	5.73	5.2
Color (Pt/Co)	30	10	0	5	0	0

Tabla 7

Cuarto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 150RPM/38RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	1.15	1.12	3.77	1.75	4.03	1.71
STD (mg/L)	72.18	74.21	76.22	78.62	83.66	88.41
pH (pH)	6.08	6	6.02	5.88	5.62	5.11
Color (Pt/Co)	0	0	10	0	15	0

Tabla 8

Quinto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 100RPM/25RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	10.37	3.94	4.86	6.61	13.98	4.56
STD (mg/L)	76.13	77.26	80.99	83.26	89.36	94.9
pH (pH)	5.88	5.62	5.13	4.94	4.54	4.54
Color (Pt/Co)	60	10	15	30	70	15

ANEXO 3: Parámetros, obtenidos después del tratamiento primario usando almidón de yuca

A. Almidón de yuca al 1%

Tabla 9

Primer ensayo al 1% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	20.9	26.46	16.4	30.43	28.56	14.54
STD (mg/L)	319.9	320.8	321.2	326.1	319.3	322.6
pH (pH)	6.55	6.69	6.92	6.98	6.95	6.99
Color (Pt/Co)	170	150	155	165	160	150

Tabla 10

Segundo ensayo al 1% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	15.74	13.67	18.21	19.27	31.17	20.55
STD (mg/L)	295.3	318.9	307.2	270.8	299.2	312.1
pH (pH)	7.76	7.48	7.42	7.39	7.4	7.39
Color (Pt/Co)	150	120	160	160	165	170

Tabla 11

Tercer ensayo al 1% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	22.78	26.97	30.41	32.24	22.15	31.35
STD (mg/L)	328.8	325.8	327.1	330	296.1	328.4
pH (pH)	7.16	7.03	7.08	7.22	7.12	7.02
Color (Pt/Co)	120	145	155	165	170	165

Tabla 12

Cuarto ensayo al 1% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	16.45	28.34	27.97	24.83	13.27	16.84
STD (mg/L)	294.8	351.6	301.4	284.6	329.3	283.4
pH (pH)	7.56	7.41	7.45	7.33	7.31	7.32
Color (Pt/Co)	145	150	150	160	155	170

Tabla 13

Quinto ensayo al 1% de sulfato de aluminio a 100RPM/25RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	12.42	30.03	23.84	19.79	35.89	18.58
STD (mg/L)	332	329.5	328.4	327.7	329.2	332.8
pH (pH)	7.34	7.1	7.11	7.15	7.17	7.22
Color (Pt/Co)	140	155	170	170	160	175

B. Almidón de yuca al 2%

Tabla 14

Primer ensayo al 2% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	14.12	20.83	18.58	22.67	19.62	33.85
STD (mg/L)	262.1	335.1	283.4	312.3	328	311.1
pH (pH)	7.35	7.3	7.29	7.27	7.3	7.29
Color (Pt/Co)	110	140	120	120	150	170

Tabla 15

Segundo ensayo al 2% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	4.37	11.63	7.43	10.21	13.24	17.7
STD (mg/L)	248.8	301.6	280.7	248.6	249.3	270.4
pH (pH)	7.77	7.49	7.53	7.56	7.6	7.5
Color (Pt/Co)	70	100	110	100	110	135

Tabla16

Tercer ensayo al 2% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	8.83	8.3	15.52	6.42	24.07	10.32
STD (mg/L)	332.2	330.8	299.8	332.2	331.1	325.3
pH (pH)	7.55	7.46	7.41	7.39	7.3	7.38
Color (Pt/Co)	85	80	115	75	140	90

Tabla 17

Cuarto ensayo al 2% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	8.66	8.04	13.47	5.41	20.67	12.92
STD (mg/L)	312.6	312.7	310	306.7	294.2	307.5
pH (pH)	7.58	7.44	7.47	7.34	7.32	7.34
Color (Pt/Co)	100	90	100	90	120	105

Tabla 18

Quinto ensayo al 2% de almidón de yuca a 100RPM/25RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	8.6	12.3	24.25	17.51	32.68	26.55
STD (mg/L)	332.7	292.4	331.2	328	331.5	330.6
pH (pH)	7.43	7.49	7.52	7.5	7.46	7.5
Color (Pt/Co)	85	115	125	120	180	140

C. Almidón de yuca al 3%

Tabla 19

Primer ensayo al 3% de almidón de yuca a 300RPM/75RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	10.58	14.05	17.08	27.5	19.96	24.19
STD (mg/L)	354	276.8	288.9	263.8	348.8	290.9
pH (pH)	7.57	7.52	7.53	7.48	7.55	7.59
Color (Pt/Co)	150	175	185	230	215	185

Tabla 20

Segundo ensayo al 3% de almidón de yuca a 250RPM/63RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	17.85	19.86	21.31	15.79	20.63	14.63
STD (mg/L)	338.2	280.7	301.2	286.2	329.2	348.1
pH (pH)	7.74	7.46	7.4	7.37	7.41	7.37
Color (Pt/Co)	130	125	130	140	125	150

Tabla 21

Tercer ensayo al 3% de almidón de yuca a 200RPM/50RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	15	14.37	15.03	6.66	9.81	13.35
STD (mg/L)	305.2	280.7	353.8	305.1	279.2	298.3
pH (pH)	7.76	7.48	7.42	7.39	7.4	7.39
Color (Pt/Co)	100	110	106	130	120	150

Tabla 22

Cuarto ensayo al 3% de almidón de yuca a 150RPM/38RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	4.75	10.32	9.63	14.39	10.86	15.94
STD (mg/L)	320.4	321.6	321.7	298.6	302.6	290.4
pH (pH)	7.57	7.43	7.44	7.35	7.31	7.32
Color (Pt/Co)	85	95	90	95	95	100

Tabla 23

Quinto ensayo al 3% de almidón de yuca a 100RPM/25RPM/10'

N° de jarras	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Parámetros	1mL	2mL	3mL	4mL	5mL	6mL
Turbidez (UNT)	10.62	8.81	13.46	12.26	5.62	24.9
STD (mg/L)	330.8	361.2	331.5	348.9	349.1	350.6
pH (pH)	7.58	7.44	7.47	7.34	7.32	7.34
Color (Pt/Co)	130	125	130	140	140	130

ANEXO 4: Comparación de los parámetros de calidad del agua entre sulfato de aluminio y almidón de yuca

Tabla 24

Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	1.84	20.9	8.39	15.74	7.64	22.78	1.15	16.45	10.37	12.42
Jarra 2	1.99	26.46	3.43	13.67	3.02	26.97	1.12	28.34	3.94	30.03
Jarra 3	3.63	16.4	2.19	18.21	2.75	30.41	3.77	27.97	4.86	23.84
Jarra 4	9.6	30.43	3.3	19.27	3.08	32.24	1.75	24.83	6.61	19.79
Jarra 5	3.74	28.56	3.12	31.17	2.82	22.15	4.03	13.27	13.98	35.89
Jarra 6	3.05	14.54	2.64	20.55	2.04	31.35	1.71	16.84	4.56	18.58

Tabla 25

Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	1.84	14.12	8.39	4.37	7.64	8.83	1.15	8.66	10.37	8.6
Jarra 2	1.99	20.83	3.43	11.63	3.02	8.3	1.12	8.04	3.94	12.3
Jarra 3	3.63	18.58	2.19	7.43	2.75	15.52	3.77	13.47	4.86	24.25
Jarra 4	9.6	22.67	3.3	10.21	3.08	6.42	1.75	5.41	6.61	17.51
Jarra 5	3.74	19.62	3.12	13.24	2.82	24.07	4.03	20.67	13.98	32.68
Jarra 6	3.05	33.85	2.64	17.7	2.04	10.32	1.71	12.92	4.56	26.55

Tabla 26

Comparación de turbidez entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	1.84	10.58	8.39	17.85	7.64	15	1.15	4.75	10.37	10.62
Jarra 2	1.99	14.05	3.43	19.86	3.02	14.37	1.12	10.32	3.94	8.81
Jarra 3	3.63	17.08	2.19	21.31	2.75	15.03	3.77	9.63	4.86	13.46
Jarra 4	9.6	27.5	3.3	15.79	3.08	6.66	1.75	14.39	6.61	12.26
Jarra 5	3.74	19.96	3.12	20.63	2.82	9.81	4.03	10.86	13.98	5.62
Jarra 6	3.05	24.19	2.64	14.63	2.04	13.35	1.71	15.94	4.56	24.9

Tabla 27

Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	77.37	319.9	70.43	295.3	72.11	328.8	72.18	294.8	76.13	332
Jarra 2	73.89	320.8	73.06	318.9	72.51	325.8	74.21	351.6	77.26	329.5
Jarra 3	76.04	321.2	73.05	307.2	74.17	327.1	76.22	301.4	80.99	328.4
Jarra 4	78.79	326.1	77.34	270.8	77.36	330	78.62	284.6	83.26	327.7
Jarra 5	80.56	319.3	81.06	299.2	82.24	296.1	83.66	329.3	89.36	329.2
Jarra 6	89.27	322.6	86.56	312.1	85.04	328.4	88.41	283.4	94.9	332.8

Tabla 28

Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	77.37	262.1	70.43	248.8	72.11	332.2	72.18	312.6	76.13	332.7
Jarra 2	73.89	335.1	73.06	301.6	72.51	330.8	74.21	312.7	77.26	292.4
Jarra 3	76.04	283.4	73.05	280.7	74.17	299.8	76.22	310	80.99	331.2
Jarra 4	78.79	312.3	77.34	248.6	77.36	332.2	78.62	306.7	83.26	328
Jarra 5	80.56	328	81.06	249.3	82.24	331.1	83.66	294.2	89.36	331.5
Jarra 6	89.27	311.1	86.56	270.4	85.04	325.3	88.41	307.5	94.9	330.6

Tabla 29

Comparación de STD entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	77.37	354	70.43	338.2	72.11	305.2	72.18	320.4	76.13	330.8
Jarra 2	73.89	276.8	73.06	280.7	72.51	280.7	74.21	321.6	77.26	361.2
Jarra 3	76.04	288.9	73.05	301.2	74.17	353.8	76.22	321.7	80.99	331.5
Jarra 4	78.79	263.8	77.34	286.2	77.36	305.1	78.62	298.6	83.26	348.9
Jarra 5	80.56	348.8	81.06	329.2	82.24	279.2	83.66	302.6	89.36	349.1
Jarra 6	89.27	290.9	86.56	348.1	85.04	298.3	88.41	290.4	94.9	350.6

Tabla 30

Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	6.62	6.55	6.02	7.76	6.42	7.16	6.08	7.56	5.88	7.34
Jarra 2	6.49	6.69	6.11	7.48	6.25	7.03	6	7.41	5.62	7.1
Jarra 3	6.16	6.92	6.14	7.42	6.06	7.08	6.02	7.45	5.13	7.11
Jarra 4	6.04	6.98	6.08	7.39	6.05	7.22	5.88	7.33	4.94	7.15
Jarra 5	5.91	6.95	5.84	7.4	5.73	7.12	5.62	7.31	4.54	7.17
Jarra 6	5.55	6.99	5.23	7.39	5.2	7.02	5.11	7.32	4.54	7.22

Tabla 31

Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	6.62	7.35	6.02	7.77	6.42	7.55	6.08	7.58	5.88	7.43
Jarra 2	6.49	7.3	6.11	7.49	6.25	7.46	6	7.44	5.62	7.49
Jarra 3	6.16	7.29	6.14	7.53	6.06	7.41	6.02	7.47	5.13	7.52
Jarra 4	6.04	7.27	6.08	7.56	6.05	7.39	5.88	7.34	4.94	7.5
Jarra 5	5.91	7.3	5.84	7.6	5.73	7.3	5.62	7.32	4.54	7.46
Jarra 6	5.55	7.29	5.23	7.5	5.2	7.38	5.11	7.34	4.54	7.5

Tabla 32

Comparación de pH entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	6.62	7.57	6.02	7.74	6.42	7.76	6.08	7.57	5.88	7.58
Jarra 2	6.49	7.52	6.11	7.46	6.25	7.48	6	7.43	5.62	7.44
Jarra 3	6.16	7.53	6.14	7.4	6.06	7.42	6.02	7.44	5.13	7.47
Jarra 4	6.04	7.48	6.08	7.37	6.05	7.39	5.88	7.35	4.94	7.34
Jarra 5	5.91	7.55	5.84	7.41	5.73	7.4	5.62	7.31	4.54	7.32
Jarra 6	5.55	7.59	5.23	7.37	5.2	7.39	5.11	7.32	4.54	7.34

Tabla 33

Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 1%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	0	170	90	150	95	120	0	145	85	140
Jarra 2	0	150	10	120	10	145	0	150	10	155
Jarra 3	5	155	0	160	0	155	10	150	15	170
Jarra 4	100	165	0	160	5	165	0	160	20	170
Jarra 5	0	160	0	165	0	170	15	155	20	160
Jarra 6	10	150	5	170	0	165	0	170	15	175

Tabla 34

Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 2%

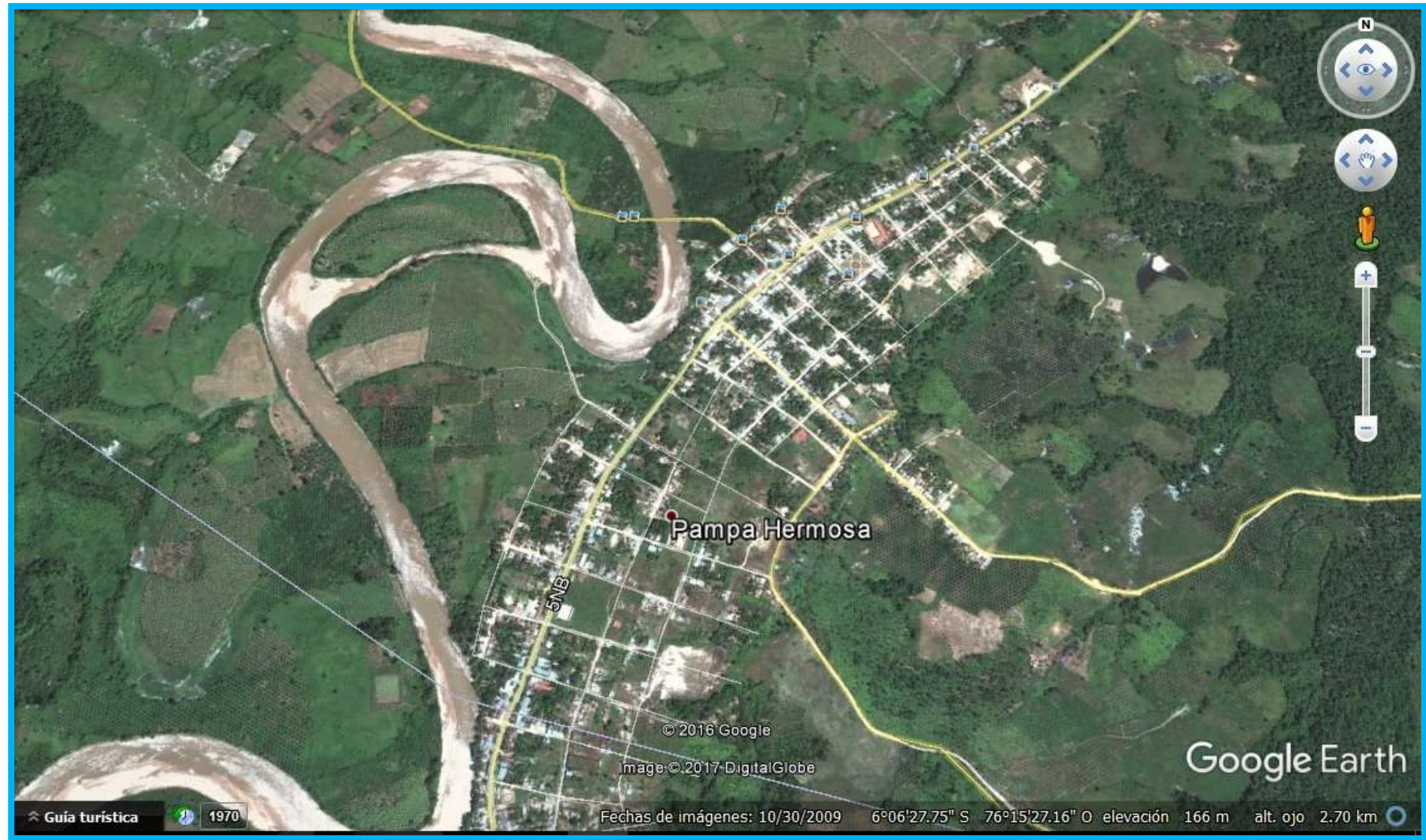
N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	0	110	90	70	95	85	0	100	85	85
Jarra 2	0	140	10	100	10	80	0	90	10	115
Jarra 3	5	120	0	110	0	115	10	100	15	125
Jarra 4	100	120	0	100	5	75	0	90	20	120
Jarra 5	0	150	0	110	0	140	15	120	20	180
Jarra 6	10	170	5	135	0	90	0	105	15	140

Tabla 35

Comparación de color entre sulfato de aluminio al 1% y almidón de yuca al 3%

N° Ensayo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
N° Jarra	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca	Sulfato de aluminio	Almidon de yuca
Jarra 1	0	110	90	70	95	85	0	100	85	85
Jarra 2	0	140	10	100	10	80	0	90	10	115
Jarra 3	5	120	0	110	0	115	10	100	15	125
Jarra 4	100	120	0	100	5	75	0	90	20	120
Jarra 5	0	150	0	110	0	140	15	120	20	180
Jarra 6	10	170	5	135	0	90	0	105	15	140

ANEXO 5: Vista satelital de Pampa Hermosa



ANEXO 6: Informe de ensayo físico químico del almidón de yuca



RIVELAB - S.A.C.
LABORATORIO DE ANÁLISIS



INFORME DE ENSAYO N° 851-2016-RIVELAB/FQ

I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTE	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
RUC	20160766191
DIRECCION	Jr. Maynas Nro. 177 – Tarapoto – San Martin
ENSAYO SOLICITADO	Fisicoquimico
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
✓ MUESTRA	YUCA
✓ CODIGO DE MUESTRA	M-1
✓ NUMERO DE MUESTRAS	01
✓ PRESENTACION/CANTIDAD	Muestra de 500 gr
✓ Fecha de ingreso de la muestra	23 de Setiembre del 2016
✓ Fecha de inicio de ensayos	23 de Setiembre del 2016
✓ Fecha de término de ensayos	03 de Octubre del 2016

II. RESULTADOS:

ENSAYO FISICO-QUIMICO

Análisis	Resultados M-1
Proteínas	1.47 %
Grasas	0.31 %
Carbohidratos	38.07 %
Cenizas	1.35 %
Humedad	54.80 %
Energía	160.95 kcal/100
Calcio	317 ppm
Hierro	6.1ppm
Fosforo	534 ppm

*METODOS DE ENSAYOS UTILIZADOS:

Proteína: NTP 205 005/79; Grasa: NTP 205 006/80; Humedad: NTP 205 002/79; Cenizas: NTP 205 004/79;
Energía proveniente de proteínas, grasas y carbohidratos: por cálculo.

Trujillo, 03 de Octubre del 2016


JOSE RIVERO MENDEZ
Ingeniero Químico
R. CIP. 20384



Informe N°851-2016-RIVELAB página 1

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - CAL - ACEITE

Jr. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108
Trujillo - Peru

rivelabperu@hotmail.com
joferime@hotmail.com

Cel. # 955805353
RPM: # 942101990
Fijo: 044 346297

PANEL FOTOGRAFICO

FOTOGRAFÍA 1: Preparación del almidón de yuca



FOTOGRAFÍA 2: Equipo prueba de jarras (Tratamiento primario del agua del río Shanusi)



FOTOGRAFÍA 3: Filtración rápida con el equipo de filtro al vacío



FOTOGRAFÍA 4: Lectura de parámetros



CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA

Yo, Walter Orlando Pérez Pérez, Licenciado en Lengua y Literatura, identificado con DNI 28104883, con CPPe 292556, certifico: que he revisado la redacción y ortografía del contenido de tesis **“Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca comparado con sulfato de aluminio, en el centro poblado de Pampa Hermosa, Yurimaguas, 2016.”**, elaborado por la **Bach. ABIGAIL GALLARDO CARDENAS**, previo a la obtención de título profesional de Ingeniero Sanitario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín.

Para el efecto he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura en todas sus partes
- La acentuación es precisa
- Se utilizan los signos de puntuación de manera acertada
- Hay coherencia y exactitud en las ideas
- No incurre en errores en la utilización de letras
- La aplicación de la sinonimia es correcta
- Se maneja con conocimiento y precisión la morfosintaxis

Por lo expuesto y en uso de mis derechos como especialista en Lengua y Literatura, recomiendo la validez ortográfica de la tesis para la obtención de título profesional de Ingeniero Sanitario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín.

Atentamente,



Walter Orlando Pérez Pérez
Lic. Lengua y Literatura
CPPe. 292556

CONSTANCIA

Indico por la presente, haber realizado la traducción en inglés (Abstract) de la investigación titulada: "Tratamiento primario de las aguas del río Shanusi, utilizando almidón de yuca comparado con sulfato de aluminio, en el Centro Poblado de Pampa Hermosa, Yurimaguas, 2016.", realizada por la ingeniera: Abigail Gallardo Cardenas, con código de matrícula: 115223.

Atte: Maribel Delgado Tello
Licenciada en idiomas extranjeros.
DNI: 42845637



Moyobamba 09 de Agosto del 2017